

OEUVRES

COMPLÈTES

AUGUSTIN FRESNEL

PUBLIÉES PAR LES SOINS

DU MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

COMPLÈTES

UGUSTIN FRESNEL

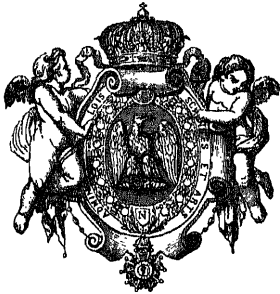
PUBLIÉES

PAR MM. HENRI DE SENARMONT, ÉMILE VERDET

ET LÉONOR FRESNEL



TOME TROISIÈME



PARIS

IMPRIMERIE IMPÉRIALE

INTRODUCTION

AUX MÉMOIRES,

ET FRAGMENTS D'AUGUSTIN FRESNEL SUR LES PHARES,

PAR LÉONOR FRESNEL ^(a).

avons prévenu le lecteur, dans l'Avertissement général en tête de cette publication, que les écrits d'Augustin Fresnel sur les phares maritimes ne renferment pas tous les éléments d'une exposition complète du système d'éclairage auquel il

n'a pas été donné à M. Léonor Fresnel de terminer la publication des OEuvres de son père. Cependant, lorsqu'il succomba, le 20 mars 1869, le travail était assez avancé pour qu'il espérait le mener à bonne fin. La deuxième section, relative aux phares, était entièrement composée de bonnes feuilles, ainsi qu'une partie des tables analytiques. Le reste était composé de planches gravées. Les planches étaient toutes gravées, mais une partie seulement avait été revue par M. Léonor Fresnel. M. Léonor Fresnel avait également préparé une introduction au troisième volume des phares, dont le manuscrit n'avait pas encore été remis à l'imprimerie.

La proposition du comité des Sociétés savantes, Son Exc. M. Bourbeau, ministre de l'Instruction publique, nous chargea, par arrêté en date du 27 octobre 1869, de terminer la publication des OEuvres de Fresnel.

Par l'obligeance de M^{me} Léonor Fresnel, nous avons pu rechercher dans les papiers de son père toutes les indications propres à nous aider dans l'accomplissement de notre tâche. Nous avons ainsi retrouvé les épreuves de la majeure partie des planches, ainsi que les corrections les plus minutieuses, ainsi que les épreuves originales qui ont servi à les graver et qui toutes étaient tracées de la main de M. Léonor Fresnel. Par ces précieuses indications, il nous a été permis de respecter scrupuleusement les vœux de l'éditeur.

Une introduction seule manquait, et ne fut retrouvée que plus tard, dans une liasse de

à l'époque où il fut appelé à la direction des phares, il se trouva tellement absorbé par les exigences de sa nouvelle position, qu'il mourut sans laisser de notes descriptives des derniers perfectionnements introduits par lui dans la composition de ses appareils lenticulaires. Parmi les plus fâcheuses lacunes de ce genre, nous avons particulièrement signalé celle qui concerne les *fanaux catadioptriques à réflexion totale*. A part des minutes de calculs sommairement annotés et quelques épures ou croquis, les manuscrits de Fresnel ne fournissent aucun développement sur cette ingénieuse et féconde combinaison, qui a porté le système des phares lenticulaires au plus haut degré de perfection théorique et pratique.

Au premier abord, nous avons jugé presque impossible de combler de tels vides, sans surcharger le petit nombre de textes à pu-

apiers dont la famille de M. Léonor Fresnel avait confié l'examen à M. Cornu, professeur à l'École polytechnique. C'est cette Introduction que nous reproduisons ici.

Le manuscrit était au net dans presque toutes ses parties; néanmoins l'auteur avait indiqué sur la couverture même l'intention de le revoir et d'en réduire l'étendue. M. Léonce Reynaud, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des phares, a bien voulu se charger de ce travail. Lui seul en effet, à raison de sa liaison intime et ancienne avec la famille Fresnel, pouvait apporter dans cette révision posthume l'autorité d'une haute expérience et les délicatesses d'une vieille amitié.

Il a fait exécuter, d'après le texte de l'Introduction, les figures que M. Léonor Fresnel avait à peine indiquées; une planche nouvelle, la planche IX *bis*, a été dessinée sous sa direction. Les lapsus échappés à la rapidité de la rédaction ont été corrigés, et enfin nous avons, d'un commun accord, supprimé quelques passages qui faisaient double emploi avec d'autres paragraphes de l'Introduction ou de l'ouvrage lui-même.

La publication des OEuvres de Fresnel se trouve donc achevée conformément aux indications de son frère. Qu'il nous soit permis de rendre hommage au pieux dévouement, à l'ardeur infatigable que M. Léonor Fresnel apporta, jusqu'à la dernière heure, dans l'accomplissement de la tâche difficile à laquelle il s'est donné tout entier pendant de longues années et qu'il eût été si heureux de terminer lui-même.

Puissions-nous avoir été le fidèle interprète de ses intentions!

Paris, 25 mai 1870.

J. LISSAJOUS.

sortir de notre rôle de simple éditeur par la production d'une
e de traité sur les phares. Entre ces deux partis extrêmes
vait à chercher un juste milieu; or voici la solution où nous
mené divers essais tendant à ne rien omettre d'essentiel, tout
us renfermant dans d'assez étroites limites.

rès avoir scrupuleusement extrait des manuscrits de Fresnel
fs aux phares, ou à l'éclairage en général, tout ce qui nous
u de nature à figurer utilement dans la publication de ses
res, nous avons tenté de compléter et de commenter ce recueil
de d'une *Introduction*. Les annotations explicatives qu'exi-
nt les textes ont pu dès lors être suppléées, en beaucoup
reconstances, par de simples renvois à ce document supplé-
aire.

présente Introduction est divisée en quatre chapitres, com-
nt :

premier, un *Précis historique* de l'éclairage des côtes mari-
antérieurement à l'invention des phares lenticulaires;

deuxième, l'exposé sommaire de la création de ce nouveau
ne d'éclairage;

troisième, les indications ayant pour objet de suppléer au
e de l'auteur sur la composition des fanaux catadioptriques;

quatrième, un résumé des dispositions adoptées pour l'ap-
ion à l'éclairage des côtes de France des appareils imaginés
resnel.

ns une *Note complémentaire* nous indiquons les méthodes de
qui ont été suivies par l'inventeur ou qui peuvent être
yées pour déterminer les profils générateurs des éléments
ues de ses appareils.

rmi les documents que nous avons dès l'abord triés et classés
ne pouvant être textuellement reproduits, figuraient les pro-

es-verbaux ainsi que des extraits des registres des expériences faites de 1820 à 1827 sur divers appareils d'éclairage de l'ancien et du nouveau système. Un plus mûr examen nous a fait changer d'avis à cet égard. Nous avons reconnu qu'il y aurait fort peu d'utilité à grossir notre publication d'une longue série de résultats photométriques, nécessairement très-variables, selon le degré de perfection des appareils, et rapportés en majeure partie à des unités de lumière d'une valeur aujourd'hui assez incertaine. Nous nous sommes donc borné, à cet égard, à un petit nombre d'extraits. Il nous a paru également superflu de nous étendre sur les procédés appliqués à la fabrication des premiers phares lenticulaires, et sur les détails mécaniques de leurs ajustements. Le moulage et la taille des grandes pièces optiques de verre, dont l'exécution avait été originairement si laborieuse, ont fait en peu d'années, grâce à la généreuse émulation des plus habiles artistes, de merveilleux progrès, qui ont accru l'effet utile des appareils lenticulaires et ont en même temps amené d'heureuses innovations dans leur composition. Mais, n'ayant à reproduire ici que l'œuvre d'Augustin Fresnel, nous avons dû nous attacher surtout à ce qui lui est essentiellement personnel et à ce qu'il y a d'immuable dans sa brillante création, c'est-à-dire aux combinaisons théoriques sur lesquelles elle repose.

I.

ÉCLAIRAGE DES CÔTES MARITIMES ANTÉRIEUREMENT À L'INVENTION DES PHARES LENTICULAIRES.

1. Les notions fort incomplètes que nous donnent sur les phares anciens quelques textes plus ou moins obscurs et diversement commentés n'offrent qu'un médiocre intérêt au point de vue spécial de ce précis historique. Il est très-présumable que l'effet utile

Plus vantes de ces anciens notaires, sans excepter le fameux
ument de l'île de Pharos, était loin de répondre à la hauteur
u luxe architectural des édifices. De simples foyers de bois ou
charbon inégalement entretenus à l'air libre sur une grille de
, ou des lampes fumeuses renfermées dans une lanterne vi-
(b), tels paraissent avoir été les seuls moyens d'illumination
phares antiques.

. Cette enfance de l'art s'est prolongée jusqu'à nos jours, mal-
l'essor que l'invention ou le perfectionnement de la boussole
t fait prendre, dès le xv^e siècle, à la navigation maritime.

n 1775, nos principaux phares étaient encore éclairés par des
rs de charbon, et c'est seulement à dater de 1807 qu'en An-
erre les chandelles du phare d'Eddystone, qui signale l'entrée
a baie de Plymouth, furent remplacées par des réverbères à
oe d'Argent.

. Parmi les établissements modernes, ou du moins renouvelés
ais le moyen âge, le phare de Cordouan offre, dans ses nom-
ses transformations, un sujet d'étude d'autant plus intéres-
qu'elles ont embrassé la série à peu près complète des divers
mes d'éclairage maritime successivement adoptés jusqu'ici.
s croyons donc devoir entrer dans quelques détails sur cet
lissement justement renommé, où fut faite, en 1823, la pre-
e application des appareils lenticulaires imaginés par Augustin
nel.

e plateau de roches qui forme, à deux lieues au large de l'em-
phure de la Gironde, l'écueil si dangereux connu des naviga-

Comme on le voit assez nettement figuré sur le bas-relief d'un tombeau antique de
a Borghèse, à Rome.

Un médaillon de Faustine jeune, du cabinet de la Bibliothèque impériale, présente au
une tour de phare surmontée d'une lanterne.

par un très-ancien phare, dont la reconstruction, devenue nécessaire, fut confiée au Parisien Louis de Foix, l'un des architectes de l'Escorial. L'habile artiste, donnant libre carrière à son imagination, projeta, pour être élevé sur cet écueil, que les hautes marées recouvrent de 2 à 3 mètres, un vaste édifice surmonté d'une coupole couronnée d'une lanterne en maçonnerie, dans laquelle devait être installée la grille du foyer, à 41 mètres au-dessus du rocher. Les travaux, commencés en 1584, ne furent complètement achevés qu'en 1610, dernière année du règne de Henri IV.

4. On alimenta le foyer d'abord avec du bois, puis avec du charbon de terre. La portée du feu, suivant Belidor, n'était que l'environ 6 milles marins, en sorte qu'elle aurait à peine dépassé celle de nos petits fanaux actuels d'entrée de ports.

La lanterne en maçonnerie, s'étant trouvée en partie calcinée, dut être remplacée, en 1737, par une cage de fer. On y allumait tous les soirs 225 livres de houille, dont l'incandescence se maintenait jusqu'au jour, avec une intensité progressivement décroissante.

5. Cet état de choses subsista jusqu'en 1782, époque où l'éclairage public devint enfin l'objet d'études sérieuses et rationnellement dirigées, après avoir passé par diverses phases que nous rappellerons sommairement.

Depuis la fin du règne de Henri II (1558), d'où date le premier essai d'éclairage des rues de Paris, jusqu'en 1745, on n'avait pourvu à ce service de sûreté publique qu'au moyen de lanternes garnies de simples chandelles.

En 1667, M. de la Reynie, lieutenant de police, étendait le même mode d'éclairage à tous les quartiers de la capitale, et une médaille commémorative était frappée à cette occasion.

6. Vers le milieu du siècle dernier, on commença à substituer

manuaires, dans l'éclairage urbain, des lampes garnies de
cette substance.

l'imperfection de ces appareils détermina, en 1765, le lieutenant-général de police, M. de Sartines, à ouvrir un concours, dont le règlement devait être déposé à l'Académie des sciences, « sur la meilleure manière d'éclairer les rues d'une grande ville, en combinant ensemble la clarté, la facilité du service et l'économie. » Le prix proposé, de 2,000 francs, fut divisé par l'Académie en trois gratifications, qu'elle accorda aux réverbères des sieurs de la Harpe, Bourgeois et Leroy. Une médaille d'or fut en outre décernée à Lavoisier, pour un mémoire dans lequel, après avoir examiné les effets utiles et économiques de diverses formes de réflexion, il concluait en proposant l'emploi d'un ellipsoïde tronqué au-dessus de ses foyers, où eût été placé le bec de lampe.

Sans nous arrêter à discuter ce système, notons seulement que l'auteur, tout en écartant la forme parabolique, en avait bien apprécié les effets; mais il exagérait peut-être les conséquences de l'observation dont la justesse a été trop souvent méconnue : que les appareils disposés pour projeter les rayons lumineux par des miroirs concaves peu divergents ne répondent qu'imparfaitement aux exigences d'un bon éclairage des voies publiques.

Si l'on s'agissait, disait-il, de porter la lumière au loin, dans un grand espace quelconque, nous emploierions la parabole; une lumière étant placée à son foyer, chaque rayon qui en partirait serait réfléchi par la courbe dans une direction parallèle à l'axe; les rayons seraient donc tous parallèles entre eux, et le plan qu'ils rencontreraient recevrait une grande quantité de lumière; mais ce n'est pas ici le cas qu'on se propose ^(a) . . . »

voir la table générale des matières de l'*Histoire de l'Académie des sciences*, t. VIII, et les *Tables* de Rozier (1776), à l'article LAVOISIER.

Il résulte de ce passage que Lavoisier avait incidemment indiqué la meilleure solution du problème des *phares catoptriques*, dix-sept ans avant l'époque où l'ingénieur Teulère, comme nous le rappellerons ci-après, en proposa l'application au phare de Cordouan.

8. Par suite de ce concours, l'emploi des réflecteurs concaves, à courbure sphérique, illuminés par un bec de lampe à mèche plate, fut exclusivement adopté pour l'éclairage des rues de Paris, et, de 1780 à 1782, des réverbères de même espèce, mais de plus fortes dimensions, remplacèrent les foyers de charbon de terre à la tour de Cordouan, ainsi qu'aux deux anciens phares des îles de Ré et d'Oléron.

9. L'appareil catoptrique de Cordouan fut composé de quatre-vingts réverbères en forme de coquilles échancrées, de 217 millimètres de diamètre, dont les lampes, à niveau constant, portaient chacune un bec à mèche plate de 18 millimètres de largeur. On observa d'ailleurs de les disposer, sur leur commune armature, en plusieurs couronnes étagées et orientées de telle manière que la lumière projetée se trouvât répartie aussi uniformément que possible sur l'horizon maritime du phare.

Cet appareil fonctionna pour la première fois le 12 novembre 1782.

Ainsi qu'il eût été facile de le reconnaître à l'avance par quelques essais photométriques, le système des petits miroirs concaves illuminés par des flammes fuligineuses se trouva d'un éclat notablement inférieur à celui de l'ancien foyer de houille en pleine incandescence. Les plaintes des navigateurs se renouvelèrent donc plus vives que jamais, et, après avoir essayé, sans beaucoup plus de succès, des réverbères à trois becs, on dut se livrer à la recherche de meilleures combinaisons.

10. Appelé à s'occuper de cet important problème, l'ingénieur

exposés et discutés dans un mémoire inédit, adressé au ministre de la marine, sous la date du 26 juin 1783.

Après diverses considérations sur les moyens que fournit la optique pour projeter la lumière en faisceaux visibles à grande distance, Teulère concluait en proposant, pour le phare d'ordouan, l'essai d'un nouvel appareil qui eût compris vingt-quatre réverbères paraboliques, disposés comme il suit :

Chacun de ces miroirs concaves aurait eu 5 pouces de diamètre et 21 pouces d'ouverture^(a).

La flamme focale, au lieu d'être *plane*, devait former un disque de 2 pouces de diamètre sur 3 lignes d'épaisseur, laissant un *trou* au milieu « pour la circulation de l'air. »

Les vingt-quatre réverbères auraient été distribués sur trois cercles superposés, et orientés de manière à répartir la lumière uniformément que possible dans tous les azimuts.

Pour satisfaire plus complètement à cette dernière condition on eût imprimé, au moyen d'un mécanisme d'horlogerie, un *mouvement de rotation uniforme et lent*^(b) à l'axe vertical portant les réverbères.

Le nouveau système, comparé à l'ancien, présentait un double avantage d'une importance capitale, par la substitution des miroirs paraboliques aux petits réflecteurs à courbure sphérique, et des lampes à double courant d'air aux lampes à mèche plate.

1. Nous ferons observer dès à présent, quant aux questions de

^(a)Après ces données, la profondeur du paraboloïde n'eût été que de 131 millimètres, et que le foyer se serait trouvé de 18 millimètres en dehors du plan de l'ouverture, une objection motivée sans doute par l'absence de la cheminée de cristal, dont on n'avait pas imaginé de coiffer les becs de lampe.

^(b)Il eût fallu, au contraire, pour effacer les *angles morts* répondant aux intervalles des cercles, imprimer à l'appareil un mouvement très-rapide de rotation.

phisme, que l'on essayait l'efficacité du sujet de ces améliorations, et sur lesquelles nous aurons à relever quelques inexactitudes d'Augustin Fresnel :

1° Que la première idée de l'emploi des miroirs paraboliques, pour projeter en faisceau compacte les rayons émanés d'une lumière focale, n'appartient pas à Teulère, qui avait été devancé à cet égard par Lavoisier, ainsi que nous venons de le dire ;

2° Que l'invention de la lampe à double courant d'air, antérieure d'une année au mémoire de Teulère, appartient incontestablement à Ami Argant, de Genève ^(a) ;

3° Que l'addition de la cheminée de cristal, si essentielle pour obvier à la fumée et augmenter l'éclat de la flamme par une combustion plus complète de l'huile volatilisée, avait été suggérée par l'académicien Meusnier : il avait, en effet, dès le mois de mars 1783, employé, pour chauffer un appareil distillatoire, des becs de lampe à double courant d'air surmontés d'un *tube de cuivre* ^(b), auquel, bientôt après, Lange et Quinquet substituèrent, pour l'éclairage, une cheminée de cristal ;

4° Que l'idée émise accessoirement d'imprimer *un mouvement lent de rotation* au système des réverbères, afin d'obtenir, dans tous les azimuts, une portée à peu près égale de la lumière, ne saurait être considérée comme établissant un titre de priorité à l'invention

^(a) Voir la brochure d'Argant intitulée *Découverte des lampes à double courant d'air et à cylindre*, Genève, 1785. — Argant, dans cet écrit, paraît vouloir s'attribuer l'idée de l'addition des *cheminées*, en les confondant avec le *tube* intérieur de ses becs cylindriques.

^(b) Voir le mémoire de Meusnier « sur les moyens d'obtenir une entière combustion de l'huile, et d'augmenter la lumière des lampes en évitant la formation de la suie, à laquelle elles sont ordinairement sujettes. » (*Mémoires de l'Académie des sciences*, pour l'année 1784, p. 390.) — Nous ferons toutefois remarquer que, d'après les conclusions de Meusnier, on pourrait croire qu'il n'avait pas apprécié toute l'importance du perfectionnement qu'il a apporté à la construction des lampes d'Argant.

appareils à corps, dont les effets, essentiellement différents, un tout autre objet.

2. A l'époque même où Teulère étudiait les moyens d'augmenter la portée du feu de Cordouan, Lemoyne, ancien administrateur de la marine, alors maire de Dieppe, s'occupait, de son côté, d'un problème non moins intéressant, celui de donner à la lumière des phares un caractère assez tranché pour que, au premier aspect, le navigateur pût la distinguer de tout feu accidentellement allumé sur la côte. Cette recherche le conduisit à une combinaison nouvelle, consistant à occulter périodiquement une lumière au moyen d'écrans mobiles mis en jeu à l'aide d'un mécanisme d'horlogerie, et il soumit son invention au jugement de l'Académie des sciences.

Le mémoire de Lemoyne, renvoyé à une commission composée de Bory, Bezout, l'abbé Bossut, Leroy et Borda, fut l'objet d'un rapport favorable, dont l'Académie adopta les conclusions à sa séance du 23 août 1783. Cependant, ainsi que nous l'apprend le rapport même, une autre combinaison atteignant plus directement le but proposé venait d'être appliquée, en Suède, au phare de Marstrand. Là, au lieu de recourir à l'emploi d'écrans, on résultait une perte notable d'effet utile, on obtenait des feux bien tranchés en faisant tourner le système des réverbères. Ils étaient au nombre de trois, disposés horizontalement, en triangle latéral, autour d'un axe vertical, en sorte que, par l'effet de leur mouvement uniforme de rotation, ils produisaient, dans tous les azimuts, une succession régulière d'*éclats* alternant avec des *obscurités*.

Il n'a lieu de s'étonner qu'une commission aussi parfaitement compétente ait, sinon méconnu, du moins négligé de faire ressortir l'évidente supériorité théorique et pratique du système suédois sur celui de Lemoyne. L'étrange lacune que présente, à cet

veauté de questions dont l'importance n'avait pas encore été appréciée. Quoi qu'il en soit, on arrivait dès lors à la meilleure solution du problème des phares catoptriques. Elle consistait évidemment dans un *système tournant de réverbères paraboliques* illuminés chacun par un bec de lampe d'Argant, placé à son foyer.

PHARE DE CORDOUAN.

13. Cinq ans après, en 1788, le ministère de la marine, sur l'avis de Borda, fit à Lemoyne la commande d'un appareil de cette espèce, pour remplacer les réverbères fixes à courbure sphérique et à mèche plate du phare de Cordouan. Mais le nouveau fanal ne put être accepté, et l'habile opticien Lenoir fut chargé de construire, sous la direction de Borda, un appareil qui remplit plus complètement les conditions du programme.

Conformément aux dispositions arrêtées par l'illustre académicien, douze miroirs paraboliques, de 30 pouces (812^{mm}) d'ouverture et de 12 pouces (325^{mm}) de profondeur, furent exécutés pour être groupés autour d'un axe vertical tournant. La surface intérieure de ces paraboloïdes de cuivre fondu reçut un argentage à plusieurs feuilles, et l'on plaça au foyer un bec de lampe à double courant d'air, de 35 millimètres de diamètre, coiffé d'une cheminée de cristal. Le mouvement de rotation autour de l'axe vertical de l'armature était imprimé à ce système au moyen d'un mécanisme d'horlogerie.

L'essai de cet appareil catoptrique à éclipses eut lieu à Versailles, en 1790, aux applaudissements de la cour et du public, et Lenoir reçut de Louis XVI des encouragements mérités. Quant à l'invention même du système des phares à éclipses, dont l'honneur parut dès lors acquis à Borda, après avoir été attribué à Teu-

...l'ensemble, nous croyons avoir suffisamment prouvé que
l'île appartient à la Suède.

L'amélioration du phare de Cordouan ne devait pas se
faire au renouvellement de l'appareil d'éclairage. Il fallait en-
core satisfaire aux justes et instantes réclamations du com-
merce de Bordeaux, exhausser la tour de manière à élever le foyer
au-dessus et quelques mètres au-dessus des plus hautes marées.
La commission ministérielle, prise en 1787, avait chargé de cette
importante entreprise l'ingénieur Teulère, qui s'en acquitta avec
l'habileté que de hardiesse. Les travaux furent heureuse-
ment terminés en 1791, et la nouvelle lanterne reçut l'appareil
à feu tournant, composé de douze grands réverbères para-
boliques, uniformément distribués sur les quatre faces d'une arma-
ture triangulaire. Le mouvement avait été réglé à huit minutes
de révolution, en sorte que, dans tous les azimuts, apparaissaient
en deux minutes de puissants éclats alternant avec des
périodes totales.

Le renouvellement du phare de Cordouan fait époque dans
l'histoire des côtes maritimes; après les détails dans lesquels
nous n'entrons pas, on appréciera facilement l'importance d'une
telle transformation. D'une part, en effet, les grands réverbères
à lampes d'Argant projetaient sur l'horizon des fais-
ceaux de lumière d'une intensité très-supérieure à l'éclat des ré-
verbères à mèche plate et des anciens feux de charbon; et, d'un
autre côté, l'intermittence des éclats écartait toute possibilité de
confusion avec d'autres feux. Ajoutons qu'à ces deux avantages si
importants se joignait celui d'un service moins pénible que l'entre-
tien du foyer de houille, et conséquemment plus régulier.

Le nouveau système d'éclairage maritime fut bientôt im-
ité en Angleterre par Argant, qui exécuta, en 1792, pour la
lanterne de Trinity-House, des réverbères paraboliques de

ent, qui furent montés sur une armature tournante, et installés, pour un premier essai, au phare des îles de Scilly.

16. Des appareils de même espèce furent ensuite employés pour les phares à feu fixe; mais il fallut alors multiplier les réverbères et orienter leurs axes de manière à distribuer la lumière le plus également possible sur la zone maritime à éclairer.

17. En 1791, époque du renouvellement du phare de Corouan, il n'existait encore sur les côtes de France qu'un petit nombre de phares et de fanaux d'entrée de ports, parmi lesquels nous nous bornerons à mentionner :

1° Le fanal de *Dieppe*.

L'entrée de ce port avait été éclairée dès la fin du xiv^e siècle. L'ancien fanal à feu fixe fut remplacé, en 1791, par un appareil d'éclipses, exécuté sur les dessins de Lemoyne, qui le composa de cinq réverbères à coquilles de 32 centimètres de diamètre, chacun éclairé par un bec à mèche plate de 4 centimètres de largeur. Le système, mis en mouvement par une horloge, tournait avec une vitesse réglée à raison d'une révolution entière en trois minutes.

2° Le phare du *cap d'Ailly*, près et à l'ouest de Dieppe.

Établi en 1775, par la chambre de commerce de Rouen, en même temps que les phares de la *Hève* et de *Barfleur*. Il fut d'abord éclairé par un feu de houille, et reçut, en 1778, un appareil composé de seize réverbères à mèche plate fournis par Sangrain, entrepreneur de l'éclairage des rues de Paris.

3° Les deux phares du *cap de la Hève*, près du Havre.

Établis et renouvelés aux mêmes époques que le phare du cap d'Ailly.

4° Le phare de *Barfleur*, à l'entrée de la Manche, sur la pointe nord-est de la presqu'île du Cotentin.

Le phare du *cap Fréhel* (Côtes-du-Nord).

Il fut construit en 1695. A son foyer de charbon furent substitués, en 1778, des réverbères de Sangrain.

Le phare de l'*île d'Ouessant* (Finistère).

Il fut construit par Vauban, en 1695, et renouvelé, comme les précédents, vers 1778.

Le phare de *Saint-Matthieu*, à l'entrée de la rade de Brest.

Il fut construit en 1740 et éclairé, jusqu'en 1771, par des lampes-à-mèche, qui furent alors remplacées par des réverbères à combustion à mèche plate.

Le phare des *Baleines* (île de Ré)^(a).

Il fut construit en 1680. Il fut éclairé d'abord par des veilleuses, auxquelles on substitua, en 1773, un foyer de houille, qui fut lui-même remplacé, vers 1780, par des réverbères de Sangrain.

Le phare de *Chassiron* (île d'Oléron).

Il fut construit et renouvelé aux mêmes époques et suivant le même système que le phare des Baleines.

Le phare, déjà mentionné, de *Cordouan*, à l'embouchure de la Garonne.

Les fanaux de *Port-Vendres*, de *Cette*, de *Bouc*, de l'*île Planier* (près de Marseille) et de la *Ciotat*.

Ils furent construits de 1771 à 1774 (?). Leur éclairage était si imparfait que la portée si courte, qu'ils ne pouvaient guère compter que sur des feux de port.

A la fin du siècle dernier, les côtes d'Angleterre présentèrent un ensemble de phares et de feux de port sans doute plus nombreux et mieux coordonné que le nôtre, grâce à l'active sollici-

(a) La reconstruction de la tour des Baleines a été pour A. Fresnel l'objet d'assez longues études, dont nous publions quelques extraits.

considérables dont elle disposait; mais, quant à leur *effet utile*, la plupart des phares britanniques laissaient beaucoup à désirer. Un grand nombre, en effet, étaient encore éclairés à la manière antique, par un foyer de houille inégalement entretenu à l'air libre; quelques-uns n'étaient pourvus que de lampes fumeuses avec miroirs à facettes; d'autres n'avaient pour tout appareil que de simples chandelles. On citait parmi ces derniers le phare d'Eddystone, non assurément pour la portée de sa lumière, mais à raison des difficultés vaincues pour son établissement sur un rocher à peine accessible.

PHARE D'EDDYSTONE.

19. L'écueil d'Eddystone, situé à 10 milles au large du cap occidental de la baie de Plymouth, avait été signalé pour la première fois, le 14 novembre 1698, par un fanal installé sur une tour en charpente de 60 pieds de hauteur. Un coup de mer l'emporta dans la nuit du 26 novembre 1703, et avec le phare disparurent les gardiens allumeurs, l'architecte Winstanley et les ouvriers qui l'avaient accompagné pour travailler à l'exhaussement du foyer.

Cinq ans après cette catastrophe, une construction du même genre s'élevait sur le même écueil, aux frais et par les soins d'une compagnie à laquelle le gouvernement avait concédé les droits percevoir pour ce phare pendant quatre-vingt-dix-neuf ans. Un incendie détruisit la nouvelle tour cinq ans après son érection, et la réédification du phare fut confiée au célèbre ingénieur Smeaton, à qui la plus ample latitude fut donnée pour le choix d'un

^(a) Célèbre corporation maritime, instituée en 1515 par Henri VIII. Elle est chargée de l'administration des phares d'Angleterre, non compris l'Écosse et l'Irlande.

été et de durée.
les plus mûres études, Smeaton éleva sur l'écueil d'Ed-
une tour revêtue en granit, à laquelle ses proportions et
te exécution semblent assurer une durée indéfinie.
are d'Eddystone ne domine que de 20 mètres environ le
es plus hautes marées, et pendant de longues années son
bien loin de répondre à son importance nautique. Tant
la concession, c'est-à-dire jusqu'en 1807, vingt-quatre
es, sans autre appareil, composèrent le foyer de lumière
guider, durant les nuits, les navigateurs aux approches
premiers ports du monde! Singulière anomalie, qui fait
de la manière la plus frappante le vice radical de pareilles
ns^(a).

l'emploi des réverbères paraboliques à lampes d'Argent,
ement appliqué au phare de Plymouth, s'était cependant
videment propagé en Angleterre, après l'heureux essai
1792, au phare des îles Scilly. Une requête présentée en
Parlement, en faveur d'Ami Argant, par une réunion
ants, d'armateurs et de négociants^(b), nous apprend que,

urs phares anglais ainsi concédés à diverses compagnies ont dû être rachetés à
par la corporation de Trinity-House, à la suite des enquêtes parlementaires de
et 1835.

argant, après avoir attaché son nom à une création des plus fécondes, mourut
1803, dans un état voisin de l'indigence. En vain la pétition dont il s'agit avait-
porter les avantages considérables que retirerait le pays de l'invention de la lampe
urant d'air, non-seulement pour l'éclairage public et domestique, mais encore
ort de l'impulsion qu'elle allait donner aux fabriques de ferblanterie, et surtout
nts pour la pêche de la baleine, le Parlement resta sourd à cette requête, dont
s ont été cependant si largement réalisées.

au mode d'éclairage devait avoir pour la France des conséquences non moins
parmi lesquelles on peut citer l'amélioration des assolements, par suite de l'ex-
allait prendre la culture du colza. Napoléon I^{er}, frappé des observations qu'eut

À cette époque, des appareils catoptriques, garnis de lampes à double courant d'air, avaient remplacé les foyers de houille aux phares des *Casquets*, de *Portland*, des îles *Needles*, du *cap de Dunness*, de *Foulness*, de *Hasborough*, de *North Foreland*, etc.

PHARE DE BELL-ROCK.

21. Nous mentionnerons enfin parmi les plus notables applications des réverbères paraboliques aux phares britanniques, antérieurement à l'invention du système lenticulaire, l'appareil catoptrique à éclipses du phare de Bell-Rock, qui signale l'écueil de ce nom sur la côte orientale d'Écosse, à 21 kilomètres au large de l'embouchure de la Tay.

Après plusieurs tentatives infructueuses de balisage, la commission des phares d'Écosse^(a) décida, en 1802, qu'il serait élevé un phare sur ce rocher, que les pleines mers recouvrent sur 3 ou 4 mètres de hauteur. Cette entreprise, pleine de difficultés et de dangers, fut confiée aux talents éprouvés de M. Robert Stevenson père, et les travaux, commencés en 1807, furent heureusement achevés vers la fin de 1810.

Le phare de Bell-Rock, également remarquable par sa belle construction et par les soins intelligents apportés à tous les détails

l'occasion de lui faire à ce sujet un ami éclairé des arts et de l'industrie, le conseiller d'État M. F. Réal, lui témoigna vivement l'intention de faire décerner à la famille d'Argant une récompense nationale, qu'elle eût sans doute obtenue sans les événements qui amenèrent peu de temps après la chute de l'Empire. (*Anecdote extraite d'une note inédite du comte Réal.*) La traduction de la requête dont il est parlé plus haut est insérée dans le Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, année 1807, p. 25. (J. LISSAJOUS.)

^(a) L'institution des *Commissioners of the northern Lighthouses*, qui a rendu d'innombrables services à la navigation des mers d'Écosse, ne date que de 1756. Le comité directeur fut originairement composé du sollicitor général de la couronne, du lord prévôt d'Édimbourg, du premier bailli de la même ville et des shérifs des trois comtés de Bute, d'Aberdeen et de Lanark. (Voir *Account of the Bell-Rock Lighthouse*, by R. Stevenson, Édimbourg, 1824, p. 6.)

analogues à celles du phare d'Eddystone. La tour a 100 pieds (30^m,48) de hauteur; elle est couronnée par une lanterne fixe renfermant un système catoptrique tournant à quatre verticales disposées rectangulairement. Les éclats, qui se produisent de deux en deux minutes, sont alternativement blancs et rouges. Le feu blanc est produit par un groupe de sept réverbères paraboliques de 635 millimètres d'ouverture. Trois réverbères semblables, garnis de glaces colorées, produisent le feu rouge. Cet appareil a d'ailleurs été exécuté avec une remarquable précision; mais il résulte de l'inégalité de portée des éclats blancs et rouges, qu'au delà d'une certaine distance le phare de Bell-Isle change de caractère.

Les développements et les améliorations incessamment apportés au service des phares britanniques par les corporations locales contrastaient, d'une manière frappante, avec l'état de pauvreté relative où languissait l'éclairage de nos côtes maritimes. Entrés les premiers dans la voie du progrès par le perfectionnement des appareils d'éclairage, nous mettions la plus déplorable lenteur à en étendre les applications. Cette apparente incurie résultait sans doute, en partie, de nos embarras politiques et financiers, mais elle avait pour causes premières les difficultés administratives inhérentes à la nature mixte et tout exceptionnelle du service des phares : d'abord, en effet, leur programme, en ce qui touche le choix du site, le placement, la portée et le caractère des feux, est essentiellement ressort de l'administration maritime; d'un autre côté, la construction et l'entretien des édifices, disséminés sur une longue étendue de côtes où ce département ne possède qu'un petit nombre d'ouvriers et d'ateliers, appelait, dans la plupart des cas, le concours d'ingénieurs des ponts et chaussées; en troisième lieu,

solution des questions scientifiques relatives à la technique optique des appareils d'éclairage pouvait faire désirer l'intervention de la première classe de l'Institut. Or, bien que le concert eût s'établir assez facilement entre la marine et les ingénieurs civils, aucune vue d'ensemble n'avait jusqu'alors dirigé les mesures successivement adoptées pour signaler de nuit les atterrages de notre littoral, et, quant au système des appareils, il avait été librement établi d'après une saine théorie appuyée d'expériences bien coordonnées.

23. Un décret du 7 mars 1806 avait cependant préparé la réorganisation du service des phares, en le plaçant spécialement dans les attributions du ministère de l'intérieur, qui devait d'ailleurs se concerter avec le ministère de la marine lorsqu'il s'agirait de nouveaux établissements.

24. En exécution de ce décret, la direction des ponts et chaussées fut appelée, au commencement de 1811, à examiner un mémoire dans lequel M. Le Coat de Saint-Haouen, capitaine de vaisseau, chef d'état-major de la marine impériale à Boulogne, exposait ses vues sur l'éclairage de nos côtes maritimes, et particulièrement sur les moyens d'obvier aux chances de confusion entre les phares.

INSTITUTION DE LA COMMISSION DES PHARES.

M. le comte Molé, alors directeur général des ponts et chaussées, saisit avec empressement l'occasion qui lui était offerte de donner un complément essentiel à la nouvelle organisation du service des phares. A cet effet, il provoqua une décision ministérielle pour la réunion d'une Commission mixte, à laquelle serait soumis le système de M. de Saint-Haouen. Elle devait être composée de trois officiers généraux ou supérieurs de la marine, de trois ins-

classe de l'Institut, à désigner par elle-même^(a).

Nous n'avons pas à revenir sur le projet dont l'examen
lieu à l'institution de la *Commission des phares*, et qui, après
mûres et mûres délibérations, fut définitivement écarté. L'au-
top exclusivement préoccupé du danger de confusion, pro-
les combinaisons très-variées de feux diversement colorés,
moindre inconvénient eût été un sacrifice considérable
et conséquemment de portée. Quoi qu'il en soit, M. de Saint-
n'en rendit pas moins un service signalé en traitant dans
semble la question de l'éclairage maritime, et en rappelant
grave sujet l'attention de l'administration supérieure^(b). Il
na ainsi la création d'une Commission, instituée d'abord

la liste des membres de cette première *Commission des phares*, dont la compo-
porta à quelques égards des termes du programme :

inspecteur général des constructions navales, membre l'Institut	} désignés par le mi- nistre de la marine.
Doncabié, capitaine de vaisseau	
o, <i>id.</i>	
errey, <i>id.</i>	
geau, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur s travaux maritimes	} désignés par le mi- nistre de l'intérieur.
zin, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées	
é, <i>id.</i>	
s, officier du génie, membre de l'Institut	} désignés par l'Institut.
les, physicien, membre de l'Institut	
ut appelé à faire partie de la Commission des phares en 1813, après le décès de	

de Saint-Haouen avait préludé à la production de son système d'éclairage des
times par un mémoire sur la *Télégraphie nocturne*, pour laquelle il proposait éga-
emploi de *feux colorés*, ainsi qu'il résulte de l'extrait suivant du procès-verbal de la
la première classe de l'Institut du 21 brumaire an ix (13 novembre 1800) :

Dans la discussion sur ce télégraphe (celui des citoyens Leblond et Véronèse),
ore [LE PREMIER CONSUL] ayant témoigné le désir qu'on en fit un avec lequel on pût
ordre dans la nuit et la brume, à cette occasion un des secrétaires lit une lettre du

décision qui l'appelait à s'occuper, indépendamment de l'examen du projet présenté, « de la meilleure répartition et disposition à faire des phares de France, sur l'universalité des côtes de l'Empire, pour le plus grand avantage de la navigation. »

26. Cette importante décision fut prise le 29 avril 1811.

Les heureuses conséquences que devait avoir pour l'amélioration de notre éclairage maritime une mesure aussi opportune furent cependant bien lentes à se développer, et cela par diverses causes. Nous citerons comme les plus notables :

1° Les délais nécessaires pour recueillir et coordonner les nombreux documents hydrographiques et autres qui devaient servir de base au projet d'ensemble qu'il s'agissait d'élaborer;

2° La difficulté de maintenir au complet le personnel d'une Commission composée en majorité de marins, d'inspecteurs et de

« citoyen Le Coat de Saint-Haouen, sur l'utilité du télégraphe nocturne qu'il a proposé au ministre de la marine. La lettre est renvoyée à la Commission déjà nommée.

« Un membre de cette Commission annonce que, d'après une première expérience faite avec des lampes diversement colorées, il paraît constant :

« 1° Que le *blanc* et le *rouge* ne se distinguent pas assez l'un de l'autre pour être employés concurremment comme signes différents;

« 2° Que le *bleu* et le *vert* se distinguent encore moins l'un de l'autre, mais que, considérés comme une seule et même couleur, ils se distinguent très-bien du *blanc* et du *rouge*, qui sont beaucoup plus éclatants;

« 3° Que, dans la nécessité de se borner à deux couleurs, il semble que le *rouge* était un peu préférable, mais qu'on pouvait aussi leur substituer le *blanc* et le *vert*;

« 4° Enfin que, si le ministre de la marine, qui a consulté la classe, trouvait utile qu'on lui envoyât un rapport plus détaillé, il serait invité, avant tout, à vouloir bien ordonner la construction d'un télégraphe suivant les idées du citoyen Le Coat de Saint-Haouen, afin de mettre les commissaires à portée de faire des expériences décisives et propres à fixer le jugement de la classe. »

Sur quoi nous ferons observer, quant à la confusion entre les feux *blancs* et *rouges*, ainsi qu'entre les feux *bleus* et *verts*, qu'elle devait tenir au défaut de blancheur des flammes, supposé que l'on n'eût pas opéré par un temps brumeux.

es de travaux publics, que les exigences de leur service
ent fréquemment de Paris ;

es événements désastreux qui amenèrent la chute de l'Em-
les étroites limites assignées au budget des phares sous
uration.

De 1811 à 1819, les travaux de la Commission des
e réduisirent à améliorer ou renouveler quelques anciens
ements, à rechercher et coordonner les plans et mémoires
e les documents hydrographiques à consulter pour l'étude
ée, enfin à soumettre à des expériences comparatives les
espèces d'appareils catoptriques applicables à l'éclairage
res.

Cependant les plaintes des navigateurs sur l'insuffisance et
ection de notre éclairage maritime étaient incessantes, et,
mémoire transmis, vers la fin d'avril 1819, par le minis-
a marine à celui de l'intérieur, on signalait nos principaux
de la Manche comme très-inférieurs en portée aux phares
e ordre de la côte d'Angleterre.

Successeur du comte Molé, M. Becquey, qui depuis 1817
é appelé à la direction générale des ponts et chaussées,
ment ému de ces allégations et réclamations malheureuse-
pp bien fondées. Il s'empessa donc de les recommander
us sérieuse attention de la Commission des phares, en
t à examiner s'il ne conviendrait pas d'ouvrir un concours
mélioration de nos appareils d'éclairage maritime, et, dans
e l'affirmative, à rédiger le programme des conditions à

Après mûres délibérations, l'idée du concours fut écartée,
initiative prise par M. Becquey n'en eut pas moins des consé-
aussi fécondes qu'inattendues. Stimulée par la démarche
igne président, la Commission accueillit et appuya la pro-

position d'un de ses membres, M. Arago, qui, dans la séance du 21 mai 1819, demanda que MM. Mathieu, astronome, membre de l'Institut, et Augustin Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées, déjà connu par d'importants travaux sur la théorie de la lumière, lui fussent adjoints pour la nouvelle série d'expériences qu'il s'agissait d'entreprendre sur les appareils d'éclairage.

Cette proposition, qui allait ouvrir une carrière toute nouvelle à Fresnel, alors chargé du cadastre du pavé de Paris, fut sanctionnée par décision du 21 juin 1819^(a).

30. Le programme des premières expériences à entreprendre ou à renouveler avait principalement pour objet :

1° Les grands réflecteurs exécutés par Lenoir pour le phare de Cordouan ;

2° Un réflecteur parabolique exécuté par l'artiste anglais Robison, fournisseur de Trinity-House ;

3° Les réflecteurs à *double effet* de Bordier-Marcet, successeur d'Argant, son beau-père ;

4° Les réflecteurs *sidéraux* du même fabricant.

31. Bien que l'étude comparative des effets de ces appareils et

^(a) Voici la lettre du Directeur général des ponts et chaussées et des mines, en réponse à la demande de la Commission des phares :

« Paris, le 21 juin 1819.

« Messieurs, j'ai l'honneur de vous informer que, d'après le désir que vous exprimez dans un de vos rapports, j'ai décidé que M. Fresnel serait *temporairement* mis à votre disposition. J'annonce à cet ingénieur qu'il devra vous seconder dans vos travaux pendant les intervalles dont son service au pavé de Paris lui permettra de disposer.

« J'ai l'honneur d'être, » etc.

Signé « BECQUEY. »

Il est presque inutile de faire observer, à cette occasion, que M. Becquey, toujours très-bienveillant envers Fresnel, ne l'avait confiné dans le fastidieux service du cadastre du pavé de Paris que pour le mettre à portée de poursuivre, sans renoncer à son emploi d'ingénieur, ses recherches sur la théorie de la lumière.

un médiocre intérêt, au point de vue spécial de l'éclairage, comme ils ont longuement occupé la Commission des et particulièrement Augustin Fresnel, qui en a fait le sujet de ses *Notes* que nous avons reproduites, nous croyons devoir, à cet égard, dans quelques explications, auxquelles il nous suffire ultérieurement de renvoyer le lecteur.

propriété dont jouissent les miroirs paraboliques ordinaires, de faire parallèlement à leur axe les rayons émanés du centre rend beaucoup plus propres à être employés comme ceux d'un appareil *tournant*, pour projeter sur l'horizon une série d'*éclats* alternant avec des *éclipses*, qu'à servir à la commande d'un appareil à *feu fixe*, qui devrait distribuer uniformément la lumière dans tous les azimuts.

Il est de plus à observer que la divergence horizontale, la première condition du programme des appareils à feu tournant, n'est pas nécessaire jusqu'à un certain degré dans les appareils à feu fixe. Il ne suffit pas, en effet, que ces derniers projettent sur l'horizon des faisceaux lumineux d'un vif éclat; il faut encore que la durée d'apparition de lumière ait assez de durée pour que le navigateur puisse relever la direction dans laquelle il aperçoit le feu. C'est ce qui n'était sans doute pour satisfaire à cette dernière condition, que le diamètre des lampes des grands réflecteurs du phare de Lenoir avait été porté à 35 millimètres; mais le courant d'air, dans de telles proportions, ne pouvait produire une combustion trop incomplète de l'huile vaporisée, en sorte que les lampes demeuraient constamment rougeâtres et fumeuses. Le diamètre de l'ouverture du grand réflecteur de Lenoir, qui avait été en expérience, était de 837^{mm},5, et sa profondeur, de 100 millimètres. Il avait été exécuté, comme nous l'avons dit, en cuivre, puis réparé au tour et argenté à plusieurs feuilles.

Sa surface intérieure présentait d'ailleurs de nombreuses piqures et des stries, et son mince argentage ne pouvait manquer d'être promptement altéré par les nettoiemens journaliers.

Illuminé par un bec d'Argant ordinaire, il projetait dans l'axe un éclat équivalant à 600 fois la lumière focale, et ne présentait alors qu'une faible divergence.

34. Le réflecteur anglais, de cuivre fortement plaqué d'argent, avait été exécuté avec un soin remarquable, surtout sous le rapport de la perfection du poli. Le diamètre de son ouverture était de 512 millimètres, et sa profondeur, de 217 millimètres. Son éclat, mesuré dans l'axe, équivalait à 300 fois le bec de lampe d'Argant placé à son foyer^(a). Il est d'ailleurs à observer que les médiocres dimensions des réverbères de Robison permettaient de les disposer en deux ou trois zones horizontales, dans une lanterne de phare de premier ordre, pour former un appareil à *feu fixe*, ou de les grouper sur les châssis verticaux d'une armature tournante, pour composer un appareil à *éclats* alternant avec des *éclipses*.

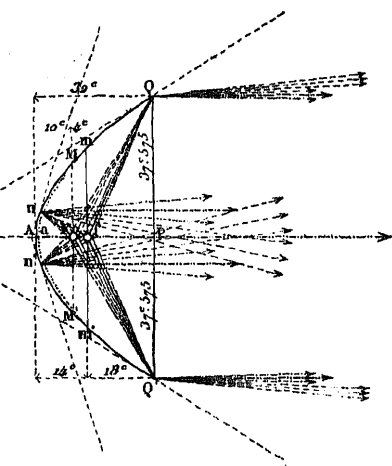
35. En résumé, on pouvait considérer les réverbères paraboliques comme offrant des résultats satisfaisants pour les phares à éclipses; mais l'application de ces mêmes éléments à la composition des appareils à feu fixe laissait évidemment beaucoup à désirer sous le rapport de la distribution de la lumière projetée à l'horizon.

Ce dernier problème devint pour Bordier-Marcet l'objet de nombreux et dispendieux essais. Nous ne parlerons ici que des deux combinaisons précitées, le *réflecteur à double effet* et le *réverbère idéal*, que la Commission des phares soumit à de nombreuses expériences avant et depuis l'adjonction de Fresnel.

^(a) Nous ferons observer, à cette occasion, que les registres d'expériences d'Augustin Fresnel laissent quelques incertitudes sur les valeurs des divers becs de lampe successivement employés par lui comme unité photométrique.

Le principal des rayons réfléchis une intensité suffisante, Carcel-Marcet avait imaginé d'ajuster sur l'ouverture circulaire d'un miroir parabolique ordinaire, et sur le même axe, une zone annulaire, également parabolique, dont le foyer était placé un peu en avant du premier, dans le plan équatorial commun aux deux surfaces de révolution. Chaque foyer était d'ailleurs occupé par un bec de lampe, d'où il résultait que les rayons émanés d'un foyer focal étaient réfléchis parallèlement à l'axe commun par les deux surfaces, et avec divergence par l'autre.

Ces réflecteurs à double effet, dont nous reproduisons ici le projet, ont été exécutés en cuivre plaqué d'argent. Le diamètre de leur ouverture était de $0^m,7515$, et leur profondeur, de $0^m,32$ à $0^m,33$. Le diamètre des becs de lampe avait été réduit à $0^m,018$.



Dans l'axe commun aux deux surfaces paraboliques, l'éclat équivalait à 450 becs ordinaires de Carcel.

37. Le premier emploi de ces appareils avait eu lieu, à l'essai, en 1811, à l'un des deux phares du cap de la Hève, au Havre, et, quelques années après, l'autre phare fut illuminé de la même manière.

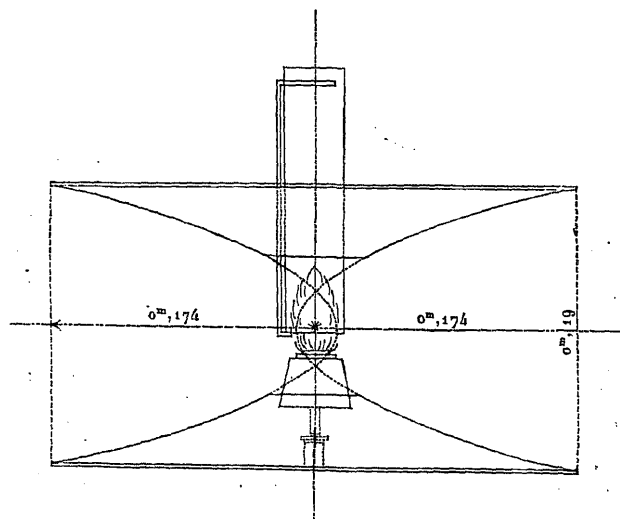
Des réflecteurs de même espèce remplacèrent successivement les anciens phares du cap Fréhel, de l'île d'Ouessant, de l'écueil du Four (à l'embouchure de la Loire) et de l'île de Ré, les anciens réverbères de Sangrain. Ce fut sans doute une très-notable amélioration quant à la portée moyenne des feux; mais les dimensions

des réflecteurs à double effet ne permettent pas de les employer en nombre tel, que la lumière réfléchie pût être assez uniformément répartie sur l'horizon maritime.

38. Cependant Bordier-Marcet avait déjà résolu, mais sur une très-petite échelle, le problème de l'égale distribution de la lumière dans tous les azimuts. Les réflecteurs imaginés par lui pour satisfaire à cette condition étaient engendrés par la révolution d'une parabole tournant autour de l'ordonnée focale, en sorte qu'ils se trouvaient formés de deux nappes conoïdes superposées symétriquement.

Dans le cas le plus fréquent, où l'espace angulaire à éclairer n'embrassait pas toute la circonférence, le réservoir de la lampe à niveau constant était placé du côté opposé. On augmentait d'ailleurs l'effet utile en reliant latéralement les deux nappes du réverbère par deux demi-paraboloïdes ordinaires ayant même foyer et même génératrice.

La figure ci-dessous complète la description de ces réverbères,



appelés *sidéraux* par l'inventeur. Originellement destinés à l'éclai-

des vînes, ils ont depuis été atténement employés pour signaler entrées de port, particulièrement comme fanaux de marée.

2. Le succès mérité de ces ingénieux appareils encouragea l'inventeur à entreprendre l'exécution, dans le même système, d'un phare à feu fixe de premier ordre, c'est-à-dire d'un éclat assez grand pour être aperçu, en temps ordinaire, jusqu'à la distance de 6 lieues marines.

Le diamètre des deux nappes paraboliques fut en conséquence de 1^m,95.

Pour obtenir une flamme en rapport avec de telles dimensions, M. Fresnel-Marcet groupa au foyer de son appareil 27 becs d'Argant, se réservant de les remplacer ultérieurement par des becs

si, ainsi que l'on eût pu le reconnaître à l'avance par un simple calcul approximatif, l'*effet utile* se trouva loin de répondre à la puissance des 27 becs. Aussi, après divers essais, dut-on renoncer à ce parti du grand appareil sidéral, qui fut définitivement rejeté par la Commission des phares, en 1823.

II.

INVENTION DES PHARES LENTICULAIRES.

3. Nous venons d'exposer dans son ensemble et ses principaux détails l'ancien système de phares à l'amélioration duquel, comme nous l'avons dit, Augustin Fresnel avait été appelé à concourir par une décision administrative du 21 juin 1819. Ce qui devait être l'objet principal de sa mission fut bientôt remplacé par lui à une question tout à fait secondaire. A peine entré dans la voie nouvelle ouverte à son génie inventif, il fut frappé de cette idée, qu'on pourrait avec avantage « substituer de grandes

mière en faisceaux d'une forte intensité^(a).

Ce premier aperçu résultait de la double considération que, d'une part, l'image lumineuse réfléchie par le miroir plan le plus parfait offre à peine la moitié de l'éclat direct du corps éclairant, et que, d'un autre côté, la presque totalité du cône de rayons directs ayant pour sommet le bec de la lampe focale, et pour base l'ouverture circulaire d'un réverbère parabolique, est perdue à la mer pour l'effet utile.

41. En suivant cette conception, qu'il songea d'abord à appliquer aux phares à éclipses, Fresnel reconnut que le tambour dioptrique qui serait illuminé par une flamme centrale devait, pour ne pas laisser diverger en pure perte une trop grande partie des rayons émanés du foyer, embrasser une zone d'au moins 45 degrés. Or de cette première donnée résultait, pour l'angle prismatique au bord des lentilles, une ouverture de 40 degrés, et conséquemment une épaisseur au centre qui eût occasionné une grande perte de lumière, et rendu ce système mobile démesurément pesant.

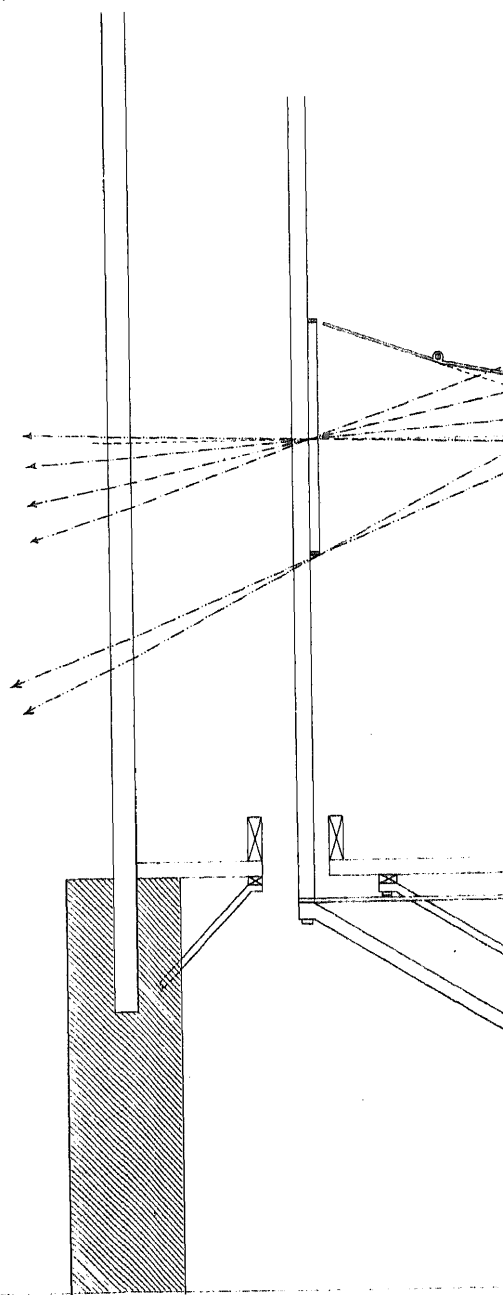
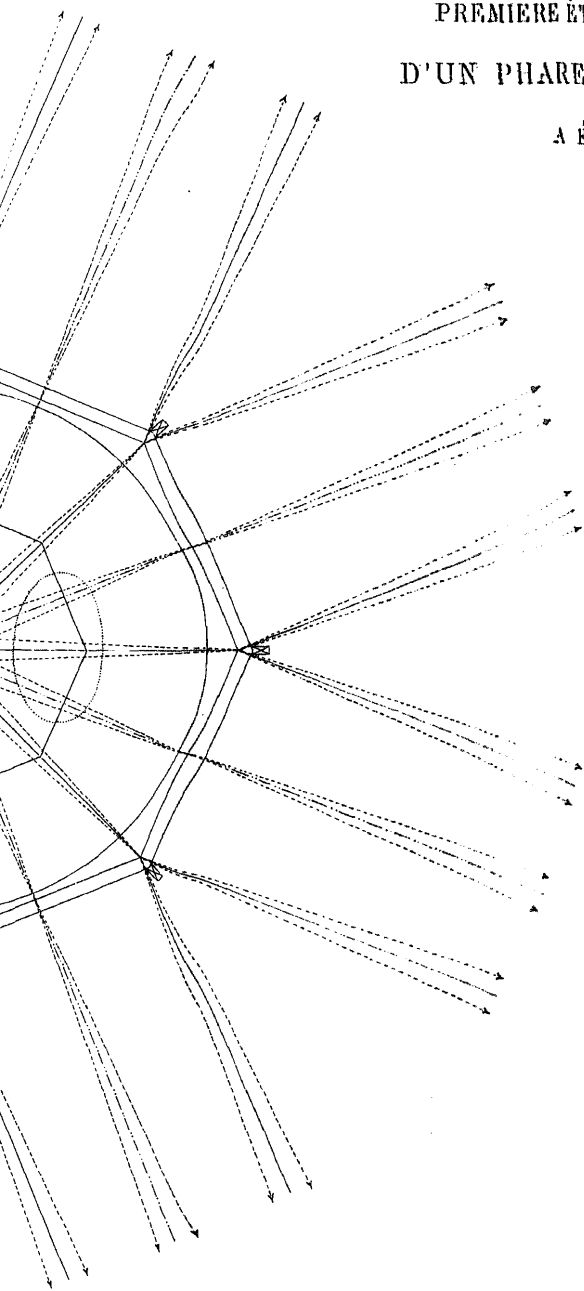
42. Cette première difficulté du problème fut bientôt écartée par une combinaison que Fresnel tira de son propre fonds, mais pour laquelle il apprit bientôt qu'il avait été devancé par Buffon, dans l'emploi des lentilles polyzonales à profil échelonné.

Sans reproduire ici les développements que présente à ce sujet le Mémoire publié en 1822 par notre auteur [t. III, N° VIII (A)], bornons-nous à rappeler qu'en multipliant suffisamment les zones concentriques des panneaux lenticulaires, et en exécutant ces anneaux séparément, on arriva à corriger, autant qu'il peut être nécessaire pour des appareils d'éclairage, l'aberration de sphéricité.

^(a) Voir le Mémoire N° VIII (A).

PREMIÈRE ÉTUDE DU PROJET
D'UN PHARE LENTICULAIRE
A ÉCLIPSES .

PHARE

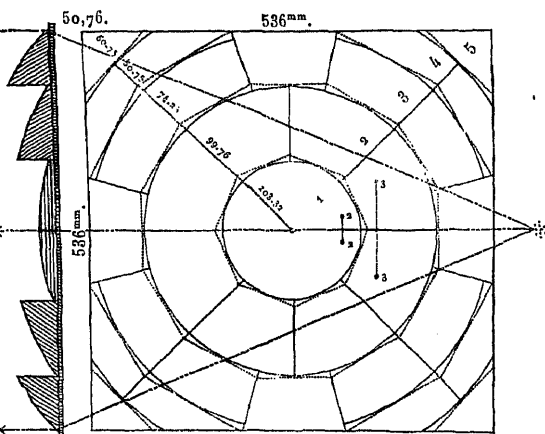


ULAIRE .

eaux concentriques d'un assemblage polygonal d'éléments à cour-
 ure sphérique.

46. Quel que fût, au surplus, le mode d'exécution, il fallait,
 avant tout, se procurer la matière première moulée sur une épais-
 seur qui sortait des habitudes de nos manufactures de glaces. Or
 les premiers essais faits aux verreries de Choisy-le-Roi n'avaient
 été rien moins que satisfaisants. Ils donnaient lieu de craindre
 que l'on ne pût obtenir de longtemps, sous le volume désiré,
 des pièces de *crown-glass* à peu près exemptes de bulles et de
 stries. Mais la solution de cette grave difficulté put être ajournée,
 grâce à l'habileté de M. Soleil père à refouler au four les glaces
 ordinaires sans altérer leur transparence.

47. Cet habile artiste exécuta ainsi pour premier essai une
 lentille échelonnée de 35 centimètres de diamètre et de 40 cen-
 timètres de longueur focale, puis un panneau lenticulaire à élé-
 ments *polygonaux*, de 70



centimètres de foyer sur
 55 de carré, qui fut ter-
 miné au commencement
 de 1820.

Nous présentons ici la
 réduction au dixième
 d'une ancienne épure co-
 tée, qui, malgré quelques
 millimètres de différence
 sur la longueur focale,

ous paraît avoir été tracée par Fresnel, comme première étude de
 e même panneau lenticulaire ^(a).

^(a) On y voit figurée en profil la *glace-support*, que Fresnel supprima bientôt. (V. N° I, § 10.)

ge des phares, un autre problème restait à résoudre : la production d'une lumière ayant les dimensions et les exigences requises. Elle devait, en effet, tout en illuminant vivement le foyer focal, présenter un volume tel, que la divergence verticale du faisceau émergent embrassât toute la largeur de la zone à éclairer, et que la divergence horizontale eût assez d'étendue pour donner à l'apparition des éclats de l'appareil la durée nécessaire pour les relèvements nautiques. La solution de ce problème conduisit à reprendre l'idée de Rumford, plutôt que de Guyton de Morveau, sur les becs à mèches liquides^(a). Il fallait, de plus, recourir au mécanisme à pompes pour élever l'huile d'un réservoir inférieur au foyer et incessamment la couronner du bec avec une surabondance, laquelle l'intensité de la chaleur eût promptement carbonisé les mèches et détérioré le bec. C'est ainsi qu'Arago et Fresnel résolurent conjointement ce problème^(b).

Fresnel attribue au comte de Rumford la première idée des lampes à mèches multiples, mais reconnaît la priorité de Guyton de Morveau, quant à l'invention des becs à mèches concentriques, ce qui paraît clairement établie par l'extrait suivant d'un mémoire publié par ce savant, dans les *Annales de chimie* (1^{re} série, t. XXIV, p. 311), *Sur les moyens de produire une lumière sans frais le feu et l'eau pour les expériences chimiques* :

« J'ai fait construire, il y a dix ans, une lampe sur les principes du citoyen Argant, à mèches concentriques, chacune ayant un courant d'air intérieur et extérieur. L'effet que j'en avais attendu par l'intensité du feu; mais il est difficile de prévenir la formation de des soudures faites autour des mèches; les cornues de verre étaient souvent fendues, leur fond et déformées; on conçoit qu'elle consommait une quantité d'huile assez grande, et, comme elle ne pouvait servir en même temps à éclairer, elle n'avait, à vrai dire, aucun rapport bien éloigné avec l'objet qui m'occupe. »

« Il n'y eut qu'il ne manqua au succès complet de ce premier essai d'un bec à mèches concentriques, la surabondance de l'alimentation des lampes de Carcel.

Le tome XVI des *Annales de chimie et de physique*, cahier d'avril 1821, p. 377; le tome VII de la *Société d'encouragement*, cahier de juin 1821, et le *Mémoire* d'Augustin Fresnel.

dessins de Fresnel, furent mis en expérience dès le mois d'octobre 1819. On les alimenta, dans les premiers essais, à l'aide d'un réservoir supérieur, dont la capacité et l'écoulement avaient été réglés de manière à arroser d'huile les mèches avec la surabondance nécessaire pendant un éclairage de quelques heures. Cet équipage provisoire fut ensuite remplacé par une grande lampe mécanique, que construisit l'habile horloger M. Wagner.

49. Le 12 mai 1820, la Commission des phares assista à l'essai d'illumination de la lentille *polygonale* de 70 centimètres de foyer, par un bec à quatre mèches concentriques, brûlant 700 à 750 grammes d'huile par heure, ce qui répond à la consommation de 20 becs ordinaires de Carcel. Mais, pour ramener la divergence à de justes limites, il convenait de réserver ce nouveau bec pour des lentilles d'une longueur focale décuple de son diamètre, c'est-à-dire de 90 à 92 centimètres. Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus furent tels, qu'ils ne pouvaient laisser de doute à la Commission sur la supériorité du nouveau système.

50. Fresnel dut commencer, dès lors, à s'occuper du projet d'un appareil lenticulaire à éclipses pour remplacer les grands réflecteurs de Cordouan, dont l'argentage, trop promptement détérioré par les nettoiemens journaliers, ne pouvait être convenablement entretenu, et dont la portée, en définitive, ne répondait plus aux exigences des navigateurs.

La partie principale du nouvel appareil devait être formée d'un tambour dioptrique tournant, composé de huit panneaux carrés de 92 centimètres de foyer, qui devaient avoir ainsi à très-peu près 76 centimètres de côté.

51. Une première grande lentille fut exécutée pour essai, d'après ces données, par M. Soleil père, vers la fin de 1820. Malgré la perte résultant, pour l'effet utile, de la forme anormale

à courbure sphérique, l'éclat dans l'axe de ce panneau
ue illuminé par un bec quadruple fut trouvé au moins
nt à 2,000 becs ordinaires de Carcel, ou à 14,000 bougies.
clat, comparé à ceux du grand réflecteur de Lenoir et du
re à double effet de Bordier-Marcet, équivalait à trois fois
art le premier et à quatre fois le second. Il eût donc fallu,
roduire un effet égal à celui d'un tambour dioptrique com-
huit grandes lentilles *polygonales*, vingt-six réflecteurs de
ou trente-deux réverbères à double effet, qui n'auraient pu
tallés dans les plus grandes lanternes. On pouvait d'ail-
aluer à près de moitié l'accroissement d'effet utile qui de-
alter, pour les grandes lentilles, de l'exécution sous forme
e de leurs zones concentriques, amélioration qu'une com-
l'une certaine importance devait faire obtenir.

D'après ces résultats et ces prévisions, qui ne permettaient
ésitation, la Commission des phares proposa, et M. Bec-
lonna, par décision du 4 février 1821, l'exécution de huit
lentilles composées d'éléments *annulaires*, pour remplacer
il catoptrique de la tour de Cordouan.

Le tambour dioptrique, disposé ainsi que nous venons
re, devait embrasser une zone équatoriale de 45 degrés,
les $\frac{3}{10} \frac{3}{10} \frac{3}{10}$ ou environ les $\frac{2}{5}$ de la surface de la sphère
se ayant son centre au foyer de l'appareil. Or, déduction
la perte inévitable qui résulte tant de l'espace libre à
au-dessus de la cheminée que de l'occultation produite
ec même de la lampe focale, il restait à tirer parti des
umineux divergeant dans un espace angulaire d'environ
rés au-dessus des grandes lentilles et de 20 à 25 degrés
ous.

Pour utiliser les rayons supérieurs, Fresnel adopta la com-

phares (N° VIII). Elle consiste dans l'addition de huit lentilles de 50 centimètres de foyer, disposées en toit pyramidal tronqué, lesquelles portent chacune à leur bord supérieur un grand miroir plan, incliné de manière à projeter à l'horizon le faisceau des rayons réfractés. Les plans méridiens répondant aux axes des petites lentilles obliques étaient d'ailleurs écartés de 7 degrés et demi des méridiens des grandes lentilles correspondantes, du côté opposé au sens de la rotation. Par l'effet de cette combinaison, la durée des éclats fut portée à moitié environ de celle des éclipses.

Ce système optique, illuminé par une lampe centrale, devait présenter dans sa rotation, réglée à 8 minutes par chaque révolution, des *éclats* alternant avec des *éclipses totales* et se succédant de minute en minute. Chaque grand éclat était d'ailleurs immédiatement précédé d'une lumière plus faible, et, après un rapide décroissement, faisait place à l'éclipse.

55. Quant aux rayons passant au-dessous du tambour dioptrique, Fresnel s'était d'abord arrêté à l'idée de les faire diverger pour éclairer les abords de la tour. Mais il reconnut bientôt qu'il en tirerait un parti plus utile en les distribuant à peu près uniformément sur l'horizon, au moyen d'un tambour catoptrique fixe composé de sept zones horizontales de petits miroirs plans étagés verticalement comme les lames d'une persienne. A l'aide de cette addition, on obtenait un petit *feu fixe*, qui, sans changer le caractère du feu principal à éclats périodiques, devait faciliter les relevements nautiques, en rendant le phare constamment visible, en temps ordinaire, jusqu'à la distance de 8 à 10 milles marins^(a).

^(a) Le *Post-scriptum* du Mémoire sur les phares (N° VIII [A], p. 125) publié par Fresnel en 1822 indique une autre disposition de miroirs plans que l'on aurait groupés au-dessous des lentilles pour en prolonger les éclats. Nous reviendrons sur cette combinaison, à laquelle

ainsi que les lampes mécaniques, furent exécutées par
ner.

La première lampe mécanique appliquée à l'illumination des
lentilles avait pour moteur un ressort; mais cette force
rapidement décroissante fut bientôt remplacée par l'action
d'un poids, dont la course s'opérerait dans le fût de la
tour de fonte servant de support à tout le système.

Le 20 juillet 1823, l'appareil dioptrique ainsi disposé rem-
plaça dans la lanterne de la tour de Cordouan, les douze grands
cristaux de Borda et Lenoir, qui l'éclairaient depuis 1791.

La supériorité du nouvel appareil se trouva tellement supérieure
à l'ancien, que, sur divers points du littoral de la Gironde,
les rayons projetés par le phare se trouvaient interceptés par
les reliefs du sol, la réverbération atmosphérique fut prise, à
cette époque, pour la lueur d'un incendie.

Les efforts persévérants de Fresnel se trouvèrent digne-
ment couronnés par cette mémorable inauguration de son système
des lentilles (a). Elle eut pour théâtre le plus beau
port qui, depuis les Ptolémées, eût été consacré au salut des
marins, et pour la seconde fois la tour de Cordouan donna le

on songea depuis à appliquer les miroirs concaves. (Voir la lettre à M. R. Steven-
son, avril 1825, N° XV.)

Il ne devons pas omettre de rappeler, à cette occasion, les services rendus par
Fresnel, alors simple piqueur des ponts et chaussées. Attaché d'abord, sous les ordres
de M. de Montigny, au cadastre du pavé de Paris, il concourut dès l'origine aux divers travaux re-
latifs à la création du nouveau système de phares. Après l'installation de l'appareil lenticu-
laire à Cordouan, à laquelle il avait activement coopéré, M. Tabouret passa près d'un an
à la tour pour diriger et surveiller les gardiens allumeurs. Les nombreuses observations
qu'il recueillit avec une remarquable intelligence, dans le cours de cette longue et
fatigante mission, ont été très-utilement consultées pour l'organisation du service des phares

le premier signal d'une heureuse révolution opérée par la science dans l'éclairage des côtes maritimes.

59. Les applaudissements qui avaient accueilli, en 1791, la substitution de l'appareil catoptrique de Borda aux anciens foyers de charbon et aux réverbères à flammes fuligineuses, se renouvelèrent non moins unanimes à l'apparition des puissants effets de lumière du système dioptrique d'Augustin Fresnel. Mais, ainsi qu'il arrive trop souvent en pareil cas, aux éloges donnés à la création nouvelle se mêlèrent des réclamations de priorité. Elles furent élevées par sir David Brewster, qui, dès le mois de juin 1823, les avait consignées dans le *Journal philosophique d'Édimbourg*^(a), et qui les renouvela à diverses reprises, malgré les vives répliques d'Arago^(b).

Nous croyons pouvoir, sans entrer dans de longs développements, faire apprécier, à cet égard, les prétentions de l'illustre écossais.

60. Fresnel, en imaginant, pour ainsi dire d'un seul jet, les lentilles polyzonales, comme moyen d'augmenter la portée des phares, avait incontestablement la priorité quant à l'idée rationnellement conçue de cette application. Ce n'est pas sérieusement qu'on pourrait lui opposer l'emploi fait, en 1789, au phare de Portland, de réflecteurs paraboliques garnis à leur ouverture de lentilles de 22 pouces anglais de diamètre. Une telle combinaison ne pouvait que discréditer, comme il arriva effectivement, l'introduction d'éléments dioptriques dans les appareils d'éclairage^(c).

61. Quant à la division des lentilles en *zones concentriques éche-*

^(a) Voir *Edinb. Phil. Journ.* vol. III, p. 166.

^(b) Voir *Annales de chimie et de physique*, 2^e série, t. XXXVII, p. 392, et les *Œuvres complètes d'Arago*, t. VI, p. 33.

^(c) Voir *A rudimentary treatise on the history, construction and illumination of Lighthouses*, by Mr Alan Stevenson, London, 1850.

Histoire des minéraux; mais, en s'assujettissant à faire des disques de verre d'une seule pièce, il s'imposait des difficultés pratiquement insolubles, du moins pour une fabrication parfaite. C'est ce qu'avait très-bien reconnu Condorcet, ainsi que l'on verra au passage suivant de son éloge académique de

tôt après, il (Buffon) proposa l'idée d'une loupe à échelons, exigeant plus ces masses énormes de verre si difficiles à tailler et à travailler, absorbant une moindre quantité de lumière parce qu'elle peut n'avoir jamais qu'une petite épaisseur, et enfin l'avantage de corriger une grande partie de l'aberration de sphéricité. Cette loupe, proposée en 1748 par Buffon, n'a été perfectionnée que par l'abbé Rochon, plus de trente ans après, et elle obtint un grand succès pour montrer qu'elle mérite la préférence sur les lentilles ordinaires. *On pourrait même composer de plusieurs lentilles à échelons*; on y gagnerait plus de facilité dans la construction, une grande diminution de dépense, l'avantage de pouvoir leur donner plus d'étendue, et celui d'employer, suivant le besoin, un nombre de cercles plus ou moins grand, à tenir ainsi d'un même instrument différents degrés de

passage si remarquable était très-certainement ignoré de Buffon lorsqu'il imagina son système de phares et qu'il le soumit, en 1788, au jugement de l'Académie des sciences. Il ne négligea rien de plus, en renouvelant l'idée d'exécuter séparément chaque zone concentrique des lentilles à échelons, de profiter des facilités qu'offrait cette division, pour corriger autant que possible l'aberration de sphéricité.

construction des grandes lentilles, n'avait eu en vue que la concentration des rayons solaires, à l'effet d'obtenir de très-hautes températures. Tel était aussi l'unique objet que s'était proposé sir David Brewster, lorsqu'il publiait en 1811, dans l'encyclopédie écossaise, son article sur les *Burning instruments*.

63. La nécessité de corriger l'aberration de sphéricité n'avait pu échapper à ce savant, mais il n'opérait pas la correction directement. Il comptait, si nous l'avons bien compris, obtenir à cet égard une approximation suffisante par une convenable disposition des éléments mobiles de sa lentille. On ne s'explique pas d'ailleurs comment, dans l'article précité du mois de juin 1823, il témoignait son étonnement de ce que Fresnel se fût privé de ce moyen de correction *en reproduisant le profil originairement adopté par Buffon*.

Cette assertion est doublement inexacte.

D'une part, en effet, le profil *plan-convexe*, adopté dès le début par Fresnel, diffère essentiellement du profil symétrique auquel s'était arrêté Buffon.

En second lieu, Fresnel corrigeait l'aberration de sphéricité de la manière la plus directe et la plus précise que comportât le ro-dage au tour, en déterminant l'arc générateur de chaque surface annulaire par ses deux tangentes extrêmes, dont les directions étaient déduites de la condition que les rayons focaux aboutissant aux arêtes extérieures de chaque anneau de verre fussent réfractés, à leur sortie, parallèlement à l'axe optique du panneau lentillaire.

64. Il nous paraît d'ailleurs superflu d'insister sur les avantages si évidents qu'offrent, au point de vue de l'exécution, les segments mixtilignes du profil générateur des lentilles plan-convexes de Fresnel sur les ménisques de sir David Brewster. Les

que présente le système biconvexe, sous le double aspect de l'exactitude de la taille et de la précision des assemblages, sont telles, que nous doutons qu'elles aient pu être heureusement harmonisées, supposé qu'on ait tenté de les aborder. Enfin, pour n'omettre aucun des faits de la cause, n'hésitons pas à reconnaître la priorité du savant écossais, en ce qui concerne l'idée d'un système additionnel mixte de lentilles et de miroirs. Mais nous devons ajouter que Fresnel y renonça dans la pratique, et qu'après y avoir substitué, avec un notable avantage, des zones de miroirs concaves, il parvint, dans les dernières années de sa vie, à obtenir un effet utile très-supérieur à celui de la combinaison, à l'aide d'un ingénieux appareil accessoire, *la lampe totale*.

Résumé, A. Fresnel a été inventeur des *phares lenticulaires*, des titres que Gutenberg, de l'imprimerie, Galilée, des télescopes, et Watt, des machines à vapeur. On a pu sans doute leur reconnaître la priorité quant à certaines idées élémentaires; mais ce sont les idées féconder par leur active et puissante intelligence, et ainsi l'œuvre d'une véritable création.

La supériorité théorique du nouveau système d'éclairage fut bientôt appréciée des physiciens, et ses applications furent l'objet de sérieuses enquêtes pour la plupart des commandements administratifs des phares étrangers. Nous citerons particulièrement la mission que vint remplir en France, au mois de mai 1824, M. Robert Stevenson, ingénieur des phares d'Écosse. En relations officielles avec Fresnel, il s'efforça de recueillir tous les détails relatifs à la construction ainsi qu'à l'usage des appareils lenticulaires. Il alla ensuite visiter le phare de Cordouan, et fit, à son retour, l'acquisition de deux lentilles polyzonales de 76 centimètres en carré, ainsi que d'une lampe mécanique de premier ordre, pour répéter en

à Paris.

67. Jusqu'à l'époque du renouvellement du phare de Cordouan, les recherches de Fresnel sur les moyens d'améliorer l'éclairage des côtes maritimes avaient eu spécialement pour objet les phares *tournants*. Cette direction donnée à ses premiers travaux trouve en partie son explication dans le passage suivant du Mémoire qu'il présenta à l'Académie des sciences le 29 juillet 1822 (N° VIII [A], § 40) :

« On pourrait faire aussi en lentilles des phares à *feux fixes*,
« supérieurs à ceux qui sont composés de réflecteurs paraboliques;
« mais, comme les feux fixes, qui doivent éclairer simultanément
« tout l'horizon, ne sauraient avoir une aussi grande portée que
« les feux tournants, et que d'ailleurs ils peuvent être confondus
« quelquefois avec des feux allumés sur la côte par accident ou
« malveillance, la Commission des phares a pensé qu'il serait pré-
« férable de n'employer que des feux tournants, si l'on parvient à
« les diversifier suffisamment, » etc.

68. Cependant, lorsqu'après l'heureux succès obtenu à Cordouan la question du choix entre les deux systèmes d'appareils d'éclairage catoptriques et dioptriques eut été définitivement résolue en faveur du second, la Commission, poursuivant l'étude du projet général qui lui était demandé, dut s'occuper de nouveau des *caractères* à donner aux phares, comme moyen de prévenir autant que possible de fatales méprises.

Ce nouvel examen conduisit à reconnaître que les chances de confusion étaient plus à craindre entre les phares tournants d'apparences peu différentes, qu'entre un phare à feu fixe et des feux d'intensité plus ou moins variable qui seraient accidentellement allumés sur la côte. Or, comme on avait cru devoir renoncer d'une manière absolue à l'emploi des feux colorés, et que, d'un autre

caractéristiques entre les feux changeants sont extrêmement
tes, on se trouva presque forcément ramené à recourir à
des feux fixes pour les faire alterner avec les feux à éclats.
La solution du problème des appareils dioptriques à feu
était d'ailleurs qu'un simple corollaire de l'invention des ap-
à éclats. En effet, le même profil de verre, dont la révolu-
tion autour de l'axe optique engendrait la lentille polyzonale plan-
, devait produire, par sa révolution autour de l'ordonnée
un tambour cylindrique échelonné, ayant la propriété de
se réfléchir parallèlement à son plan équatorial et de distribuer uni-
formément dans tous les azimuts les rayons incidents émanés du
central.

Le second mode de génération était également applicable à la
nécessaire, composée d'un système mixte de lentilles et de
et c'est d'après ce programme que Fresnel fit exécuter,
premier essai, un petit appareil lenticulaire à feu fixe,
présenta à l'Académie des sciences le 3 mai 1824.

Cet appareil, que l'on conserve au dépôt central des
et dont notre planche IX donne la coupe verticale et le
l'échelle de $\frac{1}{10}$, présente les dispositions suivantes :

La partie principale est formée d'un tambour dioptrique
de 25 centimètres de diamètre intérieur et de 30 centimètres de
hauteur, divisé en cinq zones horizontales échelonnées extérieu-

Théoriquement, elles auraient dû être exécutées sous
forme annulaire; mais, faute de tours à roder les anneaux de verre
de cette dimension, il fallut substituer un polygone régulier au
cylindre et le nombre des facettes fut porté à seize.

Les rayons émanés du foyer, et passant au-dessus du tam-
bour dioptrique, sont recueillis et réfractés par deux zones lenti-
culaires formant une coupole à seize pans, dont chaque élément

est accompagné d'un petit miroir plan, qui reçoit le rayon réfléchi et le réfléchit horizontalement.

3° Un système mixte de même espèce, réduit à un seul cours polygonal de lentilles et de miroirs, recueille et distribue sur l'horizon les rayons passant au-dessous du tambour central ^(a).

4° La lampe focale, portant un bec à deux mèches concentriques alimenté d'huile par un mécanisme à pompes, repose sur un plateau mobile que l'on manœuvre au moyen d'un cric.

71. L'appareil ainsi composé fut installé sur la tour de l'Heuguenar, à Dunkerque, à la fin de 1824, et illuminé à dater du 1^{er} février 1825. Dans cette localité, l'horizon maritime n'embrasse qu'une partie de la circonférence; aussi observa-t-on de substituer aux lentilles, du côté de terre, un miroir à courbure sphérique de cuivre plaqué, pour renvoyer au foyer et à la surface de la mer les rayons divergeant dans un espace angulaire qu'il était inutile d'éclairer.

La portée du feu, d'après les observations consignées dans un procès-verbal des pilotes, s'étendait jusqu'à 5 lieues marines ^(b), bien que son intensité moyenne ne fût guère que de 40 becs ordinaires de lampe de Carcel.

72. En poursuivant ses études sur les appareils dioptriques à

^(a) La partie accessoire de cet appareil aurait pu être formée de simples zones de miroirs plans à divisions plus multipliées; mais Fresnel aura jugé apparemment que l'inégalité dans la lumière projetée sur l'horizon par son fanal pouvait se trouver avantageusement compensée par un excédant de portée dans trente-deux directions équidistantes, en observant de faire correspondre verticalement les axes des lentilles additionnelles aux arêtes du tambour central. Cette disposition très-judicieuse, que n'indique pas le plan de la planche IX, paraît avoir été adoptée par l'inventeur en cours d'exécution, et se voit sur la figure 1 de la planche IX bis.

^(b) Ceci ne doit s'entendre évidemment que des directions les mieux éclairées. Au surplus, sans prétendre garantir l'exactitude des relèvements des pilotes, nous ferons observer, à cette occasion, que la permanence des feux fixes leur donne, à égalité d'éclat, une portée plus considérable que celle des feux tournants, dont les courtes apparitions ne produisent sur l'œil qu'une impression fugitive.

accessoire, tout en augmentant son effet utile. Il lui suffit
de substituer aux cours mixtes de lentilles et de miroirs
des zones horizontales de *miroirs concaves*. Elles devaient,
en effet, être disposées et profilées de manière que tout rayon
compris dans la partie de la sphère lumineuse embrassée par
le système fût réfléchi horizontalement dans son plan méridien.

Pour satisfaire à cette condition, chaque zone réfléchissante
dût être engendrée (ainsi que les doubles nappes des réver-
bères de Bordier-Marcet) par la révolution d'une parabole
autour de son paramètre. Mais, à part les difficultés pra-
tiques insolubles du rodage des verres sous forme parabolique,
des verres très-bornés dont on pouvait alors disposer ne per-
mettant pas de songer à l'établissement de tours pour la taille
des catoptriques annulaires, dont le diamètre devait atteindre
2^m, 20 dans les appareils de premier ordre. Il fallut donc
une fois substituer les polygones aux cercles, sauf à resser-
rer les dimensions des miroirs pour que l'arc du cercle
leur, dans leur milieu, à la génératrice théorique, pût la
remplacer sans qu'il en résultât de notables aberrations.

Après avoir heureusement surmonté les nombreuses diffi-
cultés de l'exécution de ce système optique, Fresnel dressa, d'après
des considérations suivantes, le projet d'un appareil lenticulaire de *premier
ordre fixe*, destiné au renouvellement du phare de Chassiron :
un tambour dioptrique, de 92 centimètres de rayon focal,
surmonté d'un prisme droit régulier de 1 mètre de hauteur, ayant
deux faces à échelons, composées chacune de dix-sept élé-
ments cylindriques de *crown-glass*.

Le tambour fut divisé en trente-deux éléments égaux s'appli-
quant à onze zones de miroirs concaves, tant supérieures qu'in-
férieures au tambour dioptrique.

former une coupole de 1 mètre de flèche, au sommet de laquelle était ménagée une ouverture pour le passage du courant de vapeurs sortant de la cheminée de la lampe focale.

4° Les quatre zones inférieures étaient disposées en prisme droit de 65 centimètres de hauteur.

5° Afin de corriger autant que possible les inégalités résultant, pour la distribution de la lumière sur l'horizon, de la forme polygonale du système optique, les zones catoptriques devaient être montées de manière à faire correspondre verticalement les milieux des miroirs aux arêtes du tambour dioptrique.

6° Chaque miroir élémentaire se rattachait aux tringles circulaires de l'armature par trois vis de calage, à l'aide desquelles il était facile de régler sa position de telle manière que son milieu réfléchît l'image de l'horizon à l'œil de l'observateur visant du centre focal du système.

7° La lampe mécanique, garnie d'un bec à quatre mèches concentriques, devait être installée comme celle de l'appareil tournant de Cordouan.

74. La planche X, sur laquelle nous avons figuré, d'après le programme adopté par Fresnel, l'appareil lenticulaire de premier ordre à feu fixe, dont l'exécution, commencée sous sa direction, ne put être achevée qu'après sa mort, complète ces indications sommaires, que développe d'ailleurs une note de la page 219.

Illuminé par sa lampe à quatre mèches, ce système optique projetait sur l'horizon un éclat moyen d'environ 400 becs ordinaires de Carcel, savoir :

Le tambour lenticulaire *polygonal* . . . 260 becs.

Les onze zones de miroirs concaves . . . 140

400 becs.

en glaces étamées pouvait très-bien former la partie ac-
des phares lenticulaires à éclats, et eût rendu leur relève-
ment plus facile, du moins jusqu'aux limites de la portée
de vue. Le caractère distinctif des phares périodiques n'eût pas,
sans doute, été essentiellement modifié par la permanence d'une
lueur à peine équivalente au vingtième de l'éclat dans l'axe
d'une grande lentille annulaire de 76 centimètres en carré. Tou-
tefois, comme plusieurs marins éminents, surtout en Angleterre,
ont tenu pour le maintien du caractère le plus tranché, c'est-à-
dire des *éclipses totales* à toute distance, Fresnel s'arrêta finalement
à ne pas disposer ses miroirs concaves de manière à réfléchir la
lumière en faisceaux qui augmenteraient la durée des éclats des
phares tournants.

Cette nouvelle combinaison se trouve indiquée dans le
rapport suivant d'une lettre adressée par lui à M. Robert Steven-
son la date du 26 avril 1825 ^(a) :

Il m'est venu dernièrement à l'idée d'appliquer aux feux
phares, pour remplacer les lentilles additionnelles, des glaces
courbes, semblables à celles que je fais exécuter main-
tenant par M. Soleil pour les phares à feux fixes; je suis sûr
d'obtenir ainsi, pour la première partie de l'éclat, un *cône lumi-*
ère la fois plus brillant et plus étendu, et je suis persuadé
que les miroirs cylindriques, substitués aux lentilles addition-
nelles et à leurs glaces, apporteront une augmentation notable
à l'effet des éclats, dont la première partie sera à la fois *plus*
et plus nourrie. Alors on aura tiré de la lumière centrale
le parti possible, et je n'entrevois pas qu'il reste après cela

«rage . . . »

Ce passage, d'autant plus remarquable qu'il est le seul, à notre connaissance, où Fresnel ait consigné ses dernières vues à ce sujet, présente en quelques mots un programme assez précis pour être facilement développé. En effet, puisqu'il s'agissait de grouper les miroirs cylindriques de manière à en obtenir des *cônes de rayons réfléchis* prolongeant la durée des phases lumineuses des grandes lentilles tournantes, les panneaux du nouvel appareil additionnel devaient, théoriquement, se composer de zones concentriques engendrées par la révolution autour de l'axe optique d'une section méridienne des zones étagées que nous venons de décrire. En d'autres termes, Fresnel entendait passer, du système des rayons divergeant uniformément sur l'horizon, à celui des rayons condensés en faisceaux, par le mode de génération qu'il appliqua l'année suivante à la partie accessoire de ses petits fanaux *catadioptriques*.

77. De l'adoption de ce programme pour un appareil tournant à huit grandes lentilles devaient résulter, comme conséquences immédiates, ces deux dispositions principales :

1° Le tambour dioptrique eût été surmonté d'une coupole catoptrique à huit fuseaux, ayant leurs plans méridiens établis en avant des axes des lentilles correspondantes, du côté opposé au mouvement de rotation, et à une distance angulaire à peu près égale à la demi-somme des divergences des deux faisceaux réfléchis et réfracté, de telle sorte que l'apparition du petit éclat précéderait immédiatement celle de l'éclat principal.

2° Au-dessous du même tambour, le système accessoire eût formé un prisme droit à huit pans égaux, dont on aurait fait coïncider les plans méridiens avec ceux des fuseaux correspondants de la coupole.

aison, abstraction faite de l'ajustement polygonal des mi-
imposant les zones concentriques, ainsi que de l'armature
eût rattachées au système tournant des lentilles.

En admettant qu'il y ait effectivement lieu de préférer les
à *éclipses totales* à ceux qui présentent un *feu fixe dans l'in-*
des éclats, la nouvelle combinaison indiquée par Fresnel à
ert Stevenson devait sans doute être considérée comme
eure solution du problème des appareils à *feu changeant*
portassent les éléments optiques créés jusqu'alors.

La question des divers caractères à donner aux phares
oujours une des plus embarrassantes pour le projet d'en-
dont s'occupait la Commission. Après avoir mûrement dis-
combinaisons très-variées d'appareils tournants proposées
nel dès 1820 ^(a), elle n'avait d'abord admis, comme offrant
ctère suffisamment tranché quant à la durée des phases,
ifférence du simple au double. Ainsi, en écartant le moyen
action, jugé trop dispendieux, qu'offrait la duplication des
ceptionnellement maintenue sur le seul atterrage de la
on ne pouvait faire alterner que ces trois espèces de

fixe;
à éclipses se succédant de minute en minute;
à éclipses se succédant de 30 en 30 secondes.

Cependant de nouvelles études sur cette importante ques-
duisirent Fresnel à créer un quatrième caractère par une
aison aussi simple qu'ingénieuse : elle consistait à varier
fixe par des éclats apparaissant de 3 en 3 ou de 4

le N° V.
Anglais ont groupé jusqu'à trois phares sur l'écueil des *Casquets*, dans la Manche.

en 4 minutes, au moyen de deux cylindres tournants, composés d'éléments cylindriques verticaux. Par disposition, les rayons, divergeant uniformément en nappes horizontales au sortir de l'appareil à feu fixe, se trouvaient et réunis en faisceau lorsqu'ils venaient à être rencontrés par des écrans lenticulaires mobiles. On conçoit, d'ailleurs, que l'apparition d'*éclat* devait être précédée et suivie d'une *éclipse* tant plus courte que la lentille cylindrique tournante était étroite^(a).

82. La planche IX *bis* donne deux types de ce système. La première figure reproduit l'étude faite par Fresnel pour varier par trois lentilles cylindriques le feu d'un petit appareil de troisième ordre semblable à celui de Dunkerque, et la seconde présente l'esquisse d'un appareil de 1 mètre de diamètre, dont le feu est varié par trois lentilles tournantes.

83. La Commission des phares, après avoir soumis cette combinaison à divers essais, dans le cours du mois de mai 1823, l'adopta définitivement sous la double désignation de *feu à éclipses* et de *feu varié par des éclats*.

84. La puissance des appareils lenticulaires et la portée du feu devaient en résulter n'étaient pas moins essentielles à considérer que leur caractère, pour le projet général d'éclairage des côtes de France. Ils furent classés en *quatre ordres*, conformément au tableau suivant, où sont indiqués, pour chacun, la distance f

^(a) Les mêmes apparences pouvaient être obtenues en intercalant deux ou trois à éléments annulaires concentriques dans un tambour dioptrique à éléments annulaires, et en faisant tourner ce système autour d'une lampe focale. Il est présumé que Fresnel aura préféré cette combinaison, en considération de la plus grande légèreté du système mobile, ainsi que du plus de facilité pour le service et d'économie dans les cas où ce feu n'éclaire qu'une partie de l'horizon.

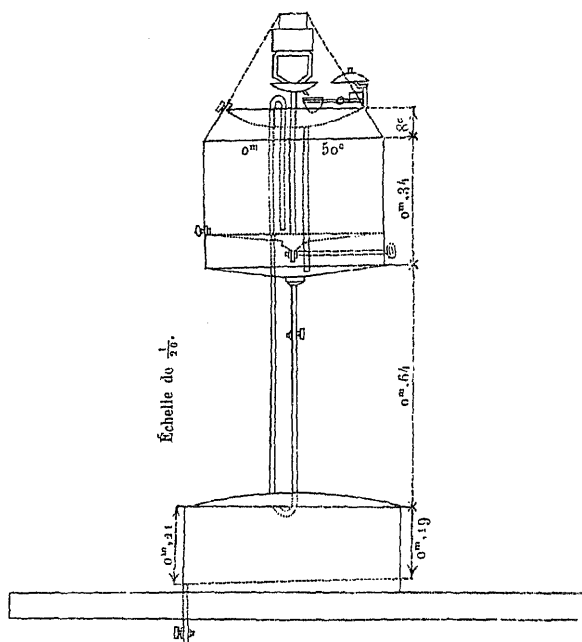
des mèches de la lampe, le diamètre du bec et la consommation d'huile par heure.

APPAREILS.	DISTANCE FOCALE.	NOMBRE des MÈCHES.	DIAMÈTRE DU BEC de lampe.	CONSOMMATION D'HUILE par heure.	OBSERVATIONS.
.....	0 ^m 92	4	90 ^{mm}	750 ^{gr}	On n'indique pas ici la portée, qui varie, pour le même ordre, avec la disposition des pièces optiques.
.....	0 70	3	75	500	
Grand modèle.	0 50	2	45	175	
Petit modèle..	0 25				
.....	0 15	1	30	60	* Les études commencées en 1825 par Fresnel, pour les appareils lenticulaires de 4 ^e ordre, ne furent terminées que vers la fin de 1826.

L'adoption définitive du système des phares lenticulaires dans sa pleine application sur une grande échelle donnaient une impulsion toute nouvelle aux détails pratiques desquels dépendent essentiellement la régularité et la sûreté du service de l'éclairage. Ce double rapport, le mécanisme des lampes à mèches multiples, et surtout fixer l'attention de Fresnel, et les chances d'adoption dans le jeu de leurs pompes l'avaient fortement préoccupé dès le début. Aussi avait-il tenté de substituer au mécanisme de Carcel la combinaison purement hydraulique de ses frères Girard. C'est dans ce but qu'il avait fait exécuter, pour un phare de premier ordre, une grande lampe hydrostatique qui satisfaisait à la condition d'alimenter le bec quadruple avec une consommation d'huile de 60 grammes par heure.

et l'équipage, que l'on conserve au dépôt central des modèles dont nous donnons ici la figure à l'échelle de $\frac{1}{2}$, fonctionnent régulièrement pour être employé avec succès aux expériences photométriques. Mais il fut trouvé, en définitive, d'un

service trop embarrassant pour être avantageusement substitué aux lampes mécaniques.



87. Le gaz éclairant offrait le moyen le plus simple en apparence pour illuminer les grands appareils lenticulaires et obtenir aisément, sous un volume aussi fort qu'on pouvait le-désirer, des flammes qui se maintinssent à une hauteur constante pendant la durée des plus longues nuits, sans exiger une incessante surveillance.

Ces avantages avaient été signalés par Fresnel dans le Mémoire qu'il présenta à l'Académie des sciences, en 1822, sur son nouveau système de phares ^(a).

Il reprit cette question en 1824 et 1825, et fit plusieurs essais pour remplacer les becs à quatre mèches par des becs à gaz à

^(a). Voir N° VIII (A), § 33.

à cinq couronnes concentriques, qui sont figurées sur la
XIV à l'échelle de $\frac{1}{4}$.

alimenté par le gaz de houille, le bec de 12 centimètres
être, à cinq couronnes, consommant 12 à 15 hectolitres
e, ne donnait pas, lorsqu'il était placé au foyer d'une len-
remier ordre, un effet équivalent à celui d'un bec à quatre
concentriques, brûlant dans le même temps 750 grammes
ou plus.

Le gaz d'huile, le même bec à cinq couronnes devenait
ment supérieur au bec à quatre mèches; mais alors la dé-
trouvait presque doublée, par suite de la décomposition
rtie de l'huile distillée. Cependant ce surcroît de dépense
u être accepté, si l'on n'eût pas été retenu par des consi-
s tout autrement graves. On crut, en effet, qu'il y aurait
à courir les chances de perturbation attachées à l'emploi
appareil distillatoire, et les résultats peu satisfaisants de l'é-
au gaz organisé en 1818 par Aldini, au phare de Savoie,
Capo d'Istria, justifiaient assez cette prudente réserve.

En définitive, l'emploi des lampes mécaniques fut main-
l'on se trouva pleinement rassuré contre toute chance
ption de quelque durée dans l'éclairage, tant par les deux
le rechange mises à la disposition des gardiens que par
n d'un réveil à carillon ^(a), qui les avertit aussitôt que le
la lampe de service cesse d'être alimenté d'huile avec la
d'huile nécessaire ^(b).

Les machines de rotation devinrent aussi pour Fresnel
une étude qui les a essentiellement améliorées. On avait,
gine de l'invention des phares à éclipses, employé, pour

^(a) n° VIII (A), § 37.

^(b) qui se trouve aujourd'hui mis hors de question par quarante années d'expérience.

leur imprimier un mouvement régulier de rotation, et à pendule oscillant, et c'est dans ce même système que fut exécutée, par M. Wagner, la machine du nouvel appareil installé en 1823 sur la tour de Cordouan. Mais la parfaite exécution des rouages n'avait pu prévenir les chocs et les temps d'arrêt résultant des oscillations d'un lourd balancier, et ces inconvénients s'aggravèrent singulièrement lorsque les galets du chariot circulaire de l'armature commencèrent à sillonner leur voie. Fresnel chercha donc une meilleure solution pratique dans le pendule circulaire, en s'attachant à le disposer de manière à rendre ses révolutions à très-peu près isochrones.

91. Cette nouvelle étude eut pour résultat l'invention du volant-pendule, qui est représenté sur la planche VI à l'échelle de $\frac{1}{4}$ et dont la description détaillée est donnée ci-après, p. 195.

. Bien qu'un brouillon trouvé dans les papiers de Fresnel prouve qu'il s'était occupé de ce problème dès le mois d'avril 1822, ses premières expériences sur son volant-pendule ne datent que du mois de juin 1824. Elles furent répétées avec un plein succès devant la Commission des phares, le 23 mars 1825, et les nouvelles machines de rotation à mouvement continu réglé par ce modérateur fonctionnèrent sans secousses avec toute la régularité et la précision désirables.

III.

INVENTION DES FANAUX CATADIOPTRIQUES.

92. Après cette série d'inventions et de perfectionnements, une dernière étude restait à faire pour remplir, dans le nouveau système d'éclairage, une lacune qui avait paru d'abord de peu d'importance : nous voulons parler des fanaux de quatrième ordre, qui ne figurent que pour mémoire dans le tableau récapitulatif joint

et, ces petits appareils devaient présenter intérieurement un diamètre de 30 centimètres et être illuminés par un simple réflecteur. La partie principale, c'est-à-dire le tambour dioptrique, devait avoir pour générateur un profil échelonné, et l'on espérait que ses zones de verre, en raison de leurs faibles dimensions, pourraient assez facilement être travaillées au tour sous forme annulaire. La seule question encore indécise et véritablement délicate était celle des dispositions à adopter pour la partie supérieure qui utiliserait les rayons de lumière passant au-dessus et en dessous du tambour central. Cette étude, au surplus, ne paraissait pas très-urgente, attendu que les réflecteurs paraboliques ordinaires et les réverbères sidéraux de Bordier-Marcet pouvaient être, au moins provisoirement, employés à l'éclairage des ports, qu'il suffisait, dans la plupart des cas, de signaler une distance de 5 à 6 milles marins.

Cependant, vers la fin de 1825, l'attention de Fresnel fut directement appelée sur cette question par le comte Chateaubriand, alors préfet de la Seine. Cet habile administrateur, qui avait vu la capitale à dû de nombreuses et importantes améliorations, avait été frappé de la difficulté d'éclairer économiquement les larges pontons du canal Saint-Martin, et présumant qu'une heureuse solution pourrait être obtenue au moyen de lanternes lenticulaires, Fresnel se mit à s'occuper de ce problème.

Le programme ainsi posé paraissait évidemment par sa base, impossible à réaliser. On ne saurait obtenir d'un petit nombre de foyers puissants un éclairage de voie publique. Mieux vaut, en pareil cas, n'employer que des lumières de médiocre intensité, sauf à les multiplier. C'est ainsi qu'on le pratique généralement aujourd'hui pour l'éclairage au gaz. Quoi qu'il en soit, Fresnel, cédant peut-être au désir naturel d'étendre les applications de son système et d'en

1
it été confiée depuis 1824. Cette situation, qui s'aggravait de
r en jour, explique assez comment, négligeant de prendre date
la publication d'une note descriptive de ses nouveaux appa-
s, il s'occupa avant tout de pourvoir à leur exécution. Après
quelques essais infructueux d'un opticien d'ailleurs habile, chez
le conducteur, M. Tabouret, avait été mis en apprentissage,
Fresnel, qu'aucune difficulté ne pouvait rebuter, résolut de tenter
l'exécution en régie. Il organisa en conséquence et plaça sous la
direction de ce même employé le petit atelier qui servit en même
temps comme dépôt provisoire pour le service des phares.

99. M. Tabouret s'acquitta avec un remarquable succès de la
catadioptrique dont il avait été chargé, et, dans les derniers
mois de 1826, un premier appareil catadioptrique, destiné à
l'éclairage du canal Saint-Martin, fut mis sous les yeux de la
Commission des phares.

100. Ainsi que nous l'avons fait pressentir, les appareils de
ce genre ne devaient, malgré leur puissance relative, et à raison
de leur trop vif éclat latéral, répondre qu'imparfaitement à
leur destination première. Mais Fresnel, aussitôt qu'il en eut
été le programme, dut reconnaître avec quel avantage cette
nouvelle combinaison s'appliquerait à l'éclairage des entrées de
ports. Il s'empressa donc de calculer les éléments d'un fanal cata-
dioptrique de 30 centimètres de diamètre intérieur, d'en tracer
le plan et d'en provoquer l'exécution en régie, ainsi qu'il résulte
de son rapport à la Commission des phares, en date du... jan-
vier 1827.

101. La partie optique de cet appareil fut travaillée au tour et
montée par les soins de M. Tabouret, dans le même atelier où il
poursuivait, pour le compte de la ville, la fabrication des fanaux
destinés au canal Saint-Martin.

La planche III donne le dessin d'un tambour catadioptrique
trième ordre, réduit à l'échelle de $\frac{1}{10}$ d'après une épure
aphe d'Augustin Fresnel.

tambour dioptrique, embrassant une zone de 64 degrés, est
en cinq éléments annulaires échelonnés.

dessus de cette partie principale est disposée une coupole
nant cinq anneaux de verre à réflexion totale, qui occupent
de une zone de 47 degrés. Leur diamètre varie de 330 à
millimètres.

partie inférieure est formée de trois anneaux catadioptriques
posés, qui embrassent une zone d'environ 29 degrés, et dont
dètre varie de 340 à 265 millimètres. Il est d'ailleurs à
er que, en raison de l'occultation d'une partie de la lumière
par le corps du bec de lampe, le profil générateur de cha-
s anneaux inférieurs a été calculé en supposant le foyer
n peu au-dessus du centre du tambour dioptrique, c'est à
à 6 millimètres pour le premier, à 10 millimètres pour le
et à 15 millimètres pour l'anneau inférieur.

matrice en cuivre de ce système optique se compose ordi-
ment de quatre montants, évidés suivant le profil des an-
de verre qu'ils embrassent, et reliés, à la base ainsi qu'au
t, par deux cercles horizontaux.

le cas qui se présente le plus fréquemment, celui où
n maritime à éclairer par ces fanaux n'embrasse pas plus
is quarts de la circonférence, le fuseau qui peut rester
est occupé par une lampe à niveau constant garnie d'un
ur à courbure sphérique.

la lumière doit être répandue sur tout l'horizon, on peut
er l'appareil catadioptrique avec une lampe hydrostatique
lampe dite à *modérateur* à réservoir inférieur, ou avec un
gaz. Dans ce cas exceptionnel, un quart du tambour diop-

égler la flamme focale sans avoir à retirer la lampe.

L'éclat projeté dans tous les azimuts par l'appareil ainsi disposé équivalait à dix fois environ le bec ordinaire d'Argant allumé à son foyer.

103. L'exécution du premier appareil catadioptrique de feu de port était à peine commencée, quand les progrès incessants de la maladie organique contre laquelle Fresnel luttait si péniblement depuis quelques années vinrent mettre un terme fatal à ses travaux scientifiques et administratifs. « Que de choses j'aurais encore à faire ! » disait-il en adressant un dernier adieu à son excellent ami Arago, qui l'avait si généreusement soutenu et encouragé à ses débuts dans la carrière des sciences. Cette suprême et douloureuse exclamation devait s'appliquer surtout, dans la pensée du mourant, à ses recherches sur la théorie de la lumière. Quant à son nouveau système de phares, il pouvait être considéré comme une œuvre achevée au point de vue théorique. Il ne s'agissait plus, en effet, pour le développement de cette brillante création, que de perfectionner les procédés d'exécution et d'étudier, sous le rapport pratique, les variantes qui pouvaient être utilement introduites dans les combinaisons des éléments dioptriques et catadioptriques imaginés par Fresnel, perfectionnements et études qu'il léguait aux continuateurs de ses travaux.

IV.

CONCLUSION.

APPLICATION DU SYSTÈME DE FRESNEL À L'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

104. Nous terminerons cette Introduction par le résumé du projet général adopté, en 1825, pour l'éclairage des côtes de

ents apportés par Fresnel à son système de phares, et notamment l'invention des appareils catadioptriques; mais nous n'aurions, sans embarrasser l'exposition de ce système, nous astreindre à suivre partout un ordre rigoureusement chronologique.

105. La composition optique; l'ordre et les caractères des appareils d'éclairage ayant été arrêtés sous les principaux rapports, il restait à déterminer les points de notre littoral qui devaient être signalés par des phares, et à combiner dans cette distribution des feux de diverses apparences et de diverses portées, de manière à guider aussi sûrement que possible la navigation nocturne.

Cet important travail fut spécialement confié par la Commission des phares à l'un de ses membres, le contre-amiral de Rossel, directeur du dépôt des cartes et plans de la marine et membre de l'Académie des sciences. Le résultat de ses études à ce sujet est insigné dans le projet sous forme de rapport, que nous avons actuellement reproduit^(a), eu égard à la part prise à sa rédaction par Fresnel, pour tout ce qui est relatif à la composition optique, au caractère et à la portée des divers appareils imaginés par lui.

106. Après le plus mûr examen et de nouvelles expériences sur la portée et le caractère des feux, le projet de M. de Rossel fut

^(a) Voir N° XIII (A). — Parmi les principaux documents que M. de Rossel eut à consulter pour son étude, nous devons citer surtout la première partie du *Nouveau Neptune français*, que dressait alors le savant hydrographe Beautemps-Beaupré. Après l'achèvement de la reconnaissance hydrographique de nos côtes de l'Océan, Beautemps-Beaupré fut appelé à la Commission des phares, dont il devint une des lumières par ses connaissances spéciales, et au jugement le plus sûr et au zèle le plus ardent. Nous regrettons de n'avoir trouvé dans les papiers de Fresnel aucune trace de ses relations avec cet homme si éminent, pour lequel il professait la plus haute estime, et dont les conseils ont été si précieux au successeur de notre auteur dans la direction des phares.

éance du 9 septembre 1825^(a).

L'éclairage des côtes de France devait comprendre, suivant le tableau récapitulatif :

- 28 phares du premier ordre ;
- 4 phares du deuxième ordre ;
- 18 phares du troisième (grand modèle et petit modèle).

Total 50 phares, auxquels devait être ajouté un nombre encore indéterminé de *fanaux de port*.

107. Les espacements et les caractères des feux avaient été combinés de telle manière, que, à l'exception de deux lacunes sur la côte des landes de Gascogne, le navigateur longeant notre littoral à quelques lieues de distance devait toujours avoir en vue un phare au moins, et que les feux de caractère identique ou analogue se trouvaient généralement séparés par des distances excédant le maximum présumable des erreurs d'estime.

108. Dans ce projet d'ensemble figuraient les neuf phares qui

^(a) La Commission des phares se trouvait alors composée de :

MM. Becquey, conseiller d'État, directeur général des ponts et chaussées, *président* ;

Halgan, contre-amiral, directeur du personnel au ministère de la marine ;

De Rossel, contre-amiral honoraire, directeur du dépôt des cartes et plans de la marine, membre de l'Académie des sciences ;

Rolland, inspecteur général des constructions navales ;

Arago, astronome, membre de l'Académie des sciences et du Bureau des longitudes ;

Mathieu, astronome, membre de l'Académie des sciences et du Bureau des longitudes ;

De Prony, inspecteur général des ponts et chaussées, membre de l'Académie des sciences ;

Sganzin, inspecteur général des travaux hydrauliques des ports militaires ;

Tarbé de Vaux-Clairs, inspecteur général des ponts et chaussées ;

A. Fresnel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, membre de l'Académie des sciences, *secrétaire* de la Commission.

Le projet de M. de Rossel, bien que portant la date du jour même de son adoption, avait été l'objet de plusieurs délibérations antérieures.

côtes. Sur ce nombre, deux seulement, le phare de *Cordouan*,
révoilé en 1823, et l'appareil lenticulaire de troisième ordre
(modèle) installé sur la tour de l'*Heuguenar*, à Dunkerque, à
de 1824, satisfaisaient au programme. Les sept autres an-
établissements étaient à renouveler dans leurs appareils ou
à reconstruire en totalité.

9. Malgré les garanties qu'offrait à l'administration la haute
tendance de la Commission des phares, il parut indispen-
avant d'arrêter définitivement le système d'éclairage de
littoral, d'appeler, sur un projet auquel se rattachaient des
ts si nombreux et si graves, l'examen et les observations des
ateurs français et étrangers. En conséquence, le rapport de
Rossel fut publié et transmis aux autorités maritimes ainsi
aux principaux consulats, pour être soumis à l'enquête la plus
ue.

10. Les résultats de cette enquête furent, en somme, pleine-
favorables aux dispositions proposées par la Commission. On
pouvait espérer qu'à une époque assez prochaine nos côtes ma-
ritimes se trouveraient pourvues d'un éclairage bien coordonné
sur toutes ses parties, et de beaucoup supérieur, quant aux effets
moraux et économiques des nouveaux phares, aux résultats obtenus
avec les puissants appareils de l'ancien système.

NOTE COMPLÉMENTAIRE.

CALCUL DES ÉLÉMENTS OPTIQUES DES APPAREILS LENTICULAIRES

D'AUGUSTIN FRESNEL.

Éléments dont se compose la partie optique des appareils
image imaginés par A. Fresnel se réduisent à trois espèces prin-
cipales, savoir :

Tambour dioptrique;
Anneaux catadioptriques;
Zones de miroirs paraboliques.

(a) CALCUL DU PROFIL D'UN TAMBOUR DIOPTRIQUE.

Si que nous l'avons dit, le profil générateur d'un tambour diop-
trique comprend, symétriquement disposés sur une même base recti-

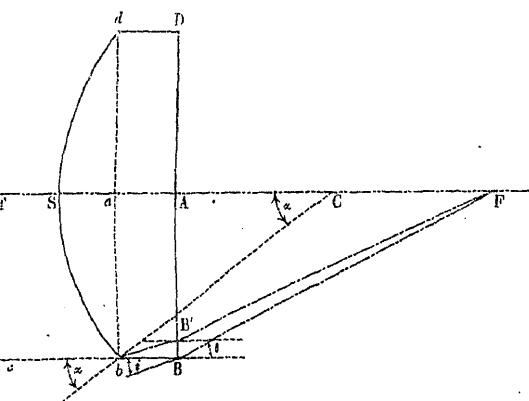
Un ménisque central;
Deux séries d'échelons trapézoïdaux.

Les facettes de contact et de collage de ces pièces sont, d'ailleurs,
placées entre deux parallèles, en sorte que la partie lenticulaire du
profil se trouve doublée d'un renfort rectangulaire.

Le rayon de courbure du ménisque, calculé d'après la formule
applicable aux incidences voisines de l'axe, serait trop petit pour les
rayons extrêmes. Il faut donc, afin de corriger autant que possible
l'erreur de sphéricité, prendre une moyenne entre le rayon ex-
trême et le rayon central.

1° Calcul
du
ménisque.

Occupons-nous d'abord du rayon extrême.



Soient : F, le centre focal ; FT, l'axe optique ; BDdSb, le profil du ménisque.

Représentons par r , l'indice de réfraction ; φ , la distance focale AF ; l , la demi-hauteur AB du ménisque ;

ε , l'épaisseur totale AS du ménisque à l'axe ;

e , l'épaisseur Bb ;

θ , l'angle d'incidence en B ;

i , l'angle réfracté correspondant ;

θ' , l'angle d'incidence en B' ;

i' , l'angle réfracté correspondant ;

α , l'angle d'émergence du rayon FB'be ;

ρ' , le rayon de courbure Cb.

On aura

$$\rho' = \frac{l}{\sin \alpha} \text{ et } \sin \alpha = r \sqrt{\frac{1 - \cos^2 i'}{1 + r^2 - 2r \cos i'}}.$$

Le calcul de $\cos i'$ peut être simplifié en admettant que i' est sensiblement égal à i .

Cette hypothèse, qui équivaut à faire, pour cette première approximation, abstraction de l'épaisseur Bb du renfort, conduit aux équations

$$\sin \alpha = \frac{\sin \theta}{\sqrt{1 + r^2 - 2 \sqrt{r^2 - \sin^2 \theta}}}, \text{ et } \rho' = \frac{l}{\sin \theta} \sqrt{1 + r^2 - 2 \sqrt{r^2 - \sin^2 \theta}}.$$

Ayant ainsi déterminé ρ' , on en déduira l'épaisseur centrale

$$\varepsilon = \rho' - \frac{l}{\tan \alpha} + e.$$

pour calculer le rayon de courbure répondant aux incidences voisines de l'axe du ménisque, on pourra se servir de la formule approxi-

$$\rho'' = (r - 1) \left(\varphi + \frac{\varepsilon}{r} \right),$$

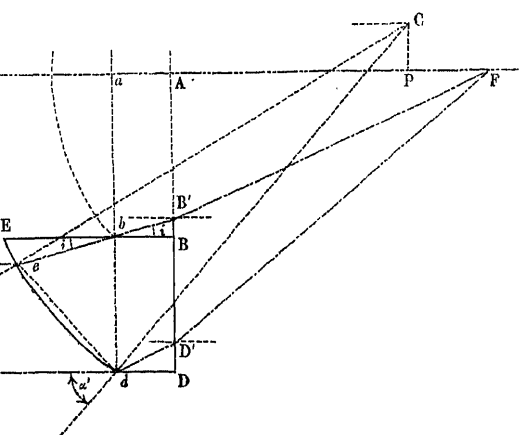
prendra enfin, pour rayon de courbure du ménisque, la moyenne

$$\frac{1}{2} (\rho' + \rho'').$$

calcul de chaque élément annulaire d'une hauteur donnée λ dans la détermination du rayon de courbure de la face d'émergence et des coordonnées du centre de courbure.

Preons pour exemple l'anneau immédiatement inférieur au ménisque central.

Soient F le point focal et C le centre de courbure.



Le rayon émergent supérieur, devant se confondre avec le rayon émergent inférieur du ménisque central, passera par le point b , et sera produit par le rayon incident et réfracté $FB'b$.

De même le rayon émergent inférieur,

passant par l'angle extrême d , sera produit par le rayon incident et réfracté $FD'd$.

On a posé, désignons par α et α' les angles réfractés extérieurs des deux rayons extrêmes Ce et Cd ; par i l'angle Ebe que fait avec l'axe optique la direction du rayon supérieur, après la première réfraction et par e l'épaisseur Bb .

On calculera les deux angles α et α' d'après la formule ci-dessus,

2° Calcul
d'un
élément
annulaire.

et à les porter, par quelques calculs de haute position, au degré d'exactitude nécessaire, et la valeur du rayon de l'arc Eed sera donnée par la formule

$$\rho = \frac{ed}{2 \sin \frac{1}{2}(\alpha - \alpha')};$$

et a d'ailleurs

$$ed = \frac{\lambda \sin ebd}{\sin bed} = \frac{\lambda \cos i}{\cos [\alpha - i + \frac{1}{2}(\alpha' - \alpha)]}.$$

Quant aux coordonnées a et b du centre de courbure, elles seront données par les équations :

$$a = cP = \rho \sin \alpha' - ad = \rho \sin \alpha' - (l + \lambda);$$

$$b = AP = \rho \cos \alpha' - \Lambda a = \rho \cos \alpha' - e.$$

Les panneaux mobiles à éléments cylindriques verticaux, employés pour varier les *feux fixes* par des *éclats* précédés et suivis de *courtes lippes*, ont été exécutés sur le même patron que le tambour autour duquel on les fait tourner. De cette identité de profil résulte pour les panneaux mobiles, en raison de l'excentricité, une divergence qui en diminue l'éclat, mais qui en prolonge la durée, et cela sans perte de lumière, attendu qu'il n'y a pas de déviation dans le sens vertical.

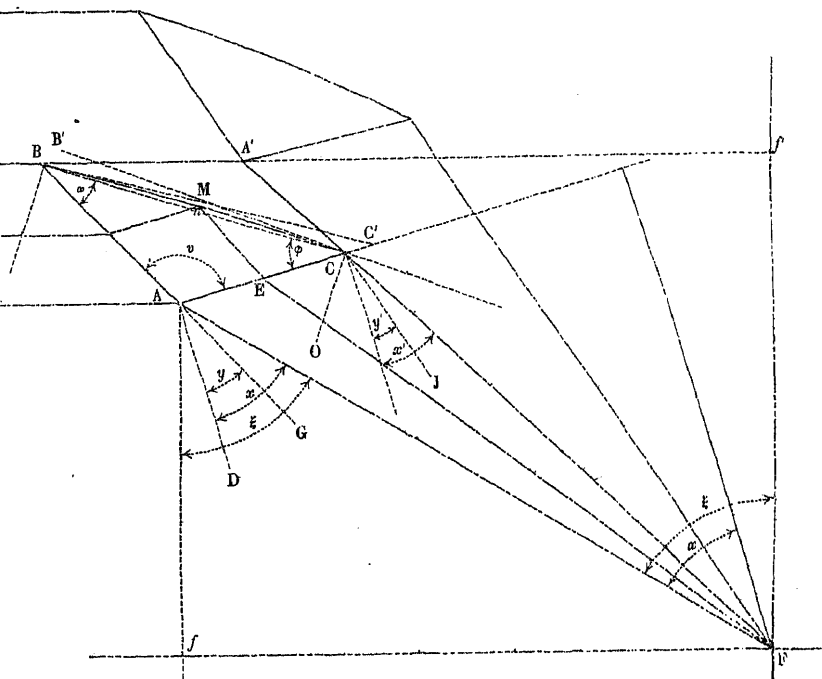
(b) CALCUL DES ANNEAUX CATADIOPTRIQUES.

Pour calculer le profil générateur d'un système accessoire d'anneaux catadioptriques (dont nous supposons l'axe vertical), nous avons d'abord à considérer, relativement à la section triangulaire ABC de l'un quelconque de ces éléments :

1° Que le rayon extrême FC, après une première réfraction en C, sur le côté d'incidence AC, devra être réfléchi intérieurement suivant CA, puis de nouveau réfracté au point A, pour sortir horizontalement suivant AR;

2° Que l'autre rayon extrême FA, après une première réfraction

suivant AB , devra être réfléchi intérieurement en E , puis se
 au même point, pour sortir parallèlement à AR ;



Que tout rayon intermédiaire FE , après une première réfraction
 , devra être réfléchi au point n de la courbe BnC suivant une
 èle au côté d'incidence AC , puis réfracté une seconde fois à sa
 : parallèlement à AR ;

Qu'il résulte de ces conditions que les angles d'émergence et
 d'incidence au point A , ou leurs compléments BAR et CAF , sont égaux.

la posé, étant données les coordonnées Af et fF du sommet
 A , calculons d'abord l'angle FAD , que nous désignerons par x .
 ient :

l'angle réfracté GAD ;

l'angle FAf ;

l'indice de réfraction.

$$\sin x = r \sin y \quad (1)$$

$$y = 2x - \xi; \quad (2)$$

et d'où l'on déduit

$$\sin x = r \sin (2x - \xi),$$

équation qui peut être mise sous la forme :

$$\sin^4 x - \frac{1}{r} \sin \xi \sin^3 x - \frac{(4r^2 - 1)}{4r^2} \sin^2 x + \frac{1}{2r} \sin \xi \sin x + \frac{1}{4} \sin^2 \xi = 0. \quad (3)$$

Mais, sans pousser plus loin les transformations, nous ferons remarquer qu'en procédant par voie de fausses positions, à l'aide des équations élémentaires (1) et (2), c'est-à-dire en modifiant les valeurs approximatives de x jusqu'à ce que l'équation $2x - y = \xi$ soit à très-peu près satisfaite, on arrive assez promptement au degré d'exactitude désirable.

Nous ferons de plus observer que les valeurs de ξ peuvent varier de 90° à zéro, en sorte que le système de zones catadioptriques pourrait embrasser toute la sphère lumineuse des rayons émanés du foyer. Mais, indépendamment des autres motifs qui limitent l'extension de ce système, il faut tenir compte, aux approches du plan équatorial, de la perte en lumière incidente de l'obliquité des incidences, qui s'accroît avec l'angle ξ .

L'angle d'incidence x étant déterminé, on en déduira la valeur de l'angle réfracté $y = \arcsin \frac{1}{r} \sin x$ et celle de $\xi = 2x - y$, et l'on tracera les deux côtés de l'angle BAC, en faisant l'angle CAF = $90^\circ - x$, et BAR = $90^\circ - x$.

On fixera ensuite la longueur AC du côté réfractant, ou l'ouverture de l'angle AFC, selon les dimensions de l'appareil, en ayant égard tant à la fragilité qui résulterait pour l'anneau d'une trop faible section qu'à l'absorption de la lumière au delà d'une certaine épaisseur.

L'angle AFC étant donné ou calculé, on en déduira l'angle d'inci-

au point C, ou $x' = x - AFC$, et l'angle réfracté au même point, $\mu \sin \frac{1}{r} \sin x'$.

pour passer de là à la détermination du troisième sommet B, il est également calculer les inclinaisons des deux tangentes extrêmes au réflecteur BnC.

soient BC' et CB' ces deux tangentes.

Remarquons d'abord que le rayon réfléchi intérieurement en B est parallèle au côté AC; d'où il résulte que les deux angles B du triangle ABC' sont égaux, et qu'ainsi ce triangle est isocèle. La tangente extrême CB' formera, par son intersection avec la normale, un second triangle isocèle CMB, et, par conséquent, l'angle BMC sera double de CBC'.

Conduisons maintenant sur la tangente CB', au point C, la perpendiculaire CO. Elle divisera en deux parties égales l'angle compris entre la normale réfractée CJ et le rayon réfléchi CA. Ainsi l'on aura $JCO = ACO$.

Donc :

l'angle obtus BAC;

l'angle ACB;

l'angle ABC;

l'angle AC'B = ABC';

l'angle CBC' = $\beta - \omega$;

l'angle ACM = $\varphi + \theta$.

Donc :

$$\varphi = \mu - \theta = \mu - \frac{1}{2}(\mu - \beta).$$

$$\mu = 45^\circ - \frac{1}{2}\gamma';$$

$$\varphi = \frac{1}{2}(45^\circ - \frac{1}{2}\gamma' + \beta) = \frac{1}{4}[270^\circ - (v + \gamma')].$$

On trouvera de même

$$\omega = \frac{1}{4}[450^\circ - (3v - \gamma')].$$

adjacents, on déterminera le sommet B par le calcul du côté AB ou du côté CB.

Le centre de courbure de l'arc BnC sera déterminé par la rencontre de la perpendiculaire élevée sur le milieu de la corde BC avec la perpendiculaire CO à la tangente MC.

La longueur du rayon de courbure étant trouvée, il ne restera plus à calculer, pour ce premier anneau, que les coordonnées du centre par rapport à l'axe de l'appareil Ff' et à l'horizontale Bf' menée par le sommet du triangle mixtiligne.

Ayant ainsi déterminé la section ABnC de l'anneau, que nous supposons être immédiatement supérieure au tambour dioptrique, on passera au calcul de l'anneau suivant, dont le sommet A' se trouvera à l'intersection de l'horizontale menée par le sommet B et du prolongement du rayon extrême FC. On pourra, d'ailleurs, pour rendre continue la courbure de la coupole, maintenir l'angle $x - x'$ constant, du moins jusqu'à la zone où le côté d'incidence ne présentera pas une trop forte différence avec AB.


On pourra disposer et calculer de même une coupole catadioptrique renversée pour recueillir les rayons lumineux passant au-dessous du tambour dioptrique. Mais, s'il s'agit d'un grand appareil, dans l'intérieur duquel il sera nécessaire que l'on puisse pénétrer, le système devra prendre la forme cylindrique, et les sommets A de la série inférieure des triangles générateurs des anneaux seront, en conséquence, placés sur une même verticale.

Nous ferons enfin remarquer que, en raison de l'occultation du centre focal par la couronne extérieure du bec de la lampe centrale, l'adoption d'un foyer unique entraînerait une très-notable perte de lumière pour les zones inférieures. Comme elles ne reçoivent guère de rayons incidents que de la partie supérieure de la flamme, il faut observer, dans le calcul, de relever le point focal, à mesure que les zones s'abaissent.

théoriquement, ainsi que nous l'avons dit, l'appareil catoptrique, destiné à recueillir et projeter sur l'horizon les rayons foyers, passant au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique, devrait se composer de zones circulaires à section parabolique. Mais, pour rendre ce système exécutable en glaces étamées, Fresnel dut le former de lambeaux polygonaux de petits miroirs concaves, et remplacer dans les réflecteurs la courbe parabolique par l'arc de cercle osculateur.

a posé, soient: F, le centre focal; HB, le plan horizontal affleurant le dessus du tambour dioptrique, et FA, un rayon lumineux rasant le bord de ce tambour.

Soit NO la corde de l'arc générateur de la première zone catoptrique.



Il s'agit d'abord de déterminer la position de la corde NO dans l'angle NAB, de telle manière qu'elle forme en son milieu deux angles égaux avec le rayon FM et l'horizontale MG.

- la largeur ON de la zone de miroirs;
- l'angle NFC du rayon extrême avec la verticale;
- la hauteur FB;
- la distance FA;
- l'angle OMF compris entre la corde NO et le rayon OM passant à son milieu M.

On a dans le triangle FMD

$$\operatorname{tang} 2\mu = \frac{FD}{MD} = \frac{h + NG}{NC - MG} = \frac{h + a \sin \mu}{(h + 2a \sin \mu) \operatorname{tang} \alpha - a \cos \mu}.$$

Substituant à $\operatorname{tang} 2\mu$ et à $\cos \mu$ leurs valeurs en fonction de $\sin \mu$ (en observant que $1 + \operatorname{tang}^2 \alpha = \frac{\lambda^2}{h^2}$) et ordonnant par rapport à $\sin \mu$ ou z , on arrive à l'équation

$$z^6 + \frac{h}{a} z^5 + \left(\frac{h^2}{4a^2} - \frac{h^2}{2\lambda^2} - 1 \right) z^4 - \left(\frac{h}{a} + \frac{h^3}{4a\lambda^2} \right) z^3 - \left(\frac{h^3}{4a^2} - \frac{9h^2}{16\lambda^2} \right) z^2 + \frac{3h^3}{8a\lambda^2} z + \frac{h^4}{16a^2\lambda^2} = 0,$$

dont la solution numérique serait trop laborieuse; mais on peut tourner la difficulté par un procédé mixte. A cet effet, après avoir obtenu graphiquement une valeur approchée de μ , on la substitue dans l'équation

$$\operatorname{tang} 2\mu = \frac{h + a \sin \mu}{(h + 2a \sin \mu) \operatorname{tang} \alpha - a \cos \mu},$$

et, par voie de corrections successives, on arrivera à déterminer μ , et conséquemment la position de la première zone de miroirs, avec toute l'exactitude désirable.

De la valeur de l'angle μ on déduira la longueur du rayon incident FM ou ρ , ainsi que celle de l'abscisse MD ou x , et ces coordonnées donneront la valeur R du rayon du cercle osculateur à la parabole par la formule connue

$$R = 2 \sqrt{2} \sqrt{\frac{\rho^3}{\rho - x}}.$$

Enfin la flèche de courbure pourra être calculée approximativement par la formule

$$f = \frac{\overline{MN}^2}{2R} = \frac{a^2}{2R}.$$

Pour passer de la première zone à la seconde, on mènera par les deux angles supérieurs N et O du profil du premier miroir l'horizontale NC et le rayon vecteur FO, et c'est entre ces deux lignes que devra

alancé le second miroir, ainsi que nous venons de faire pour le
er.

observera, d'ailleurs, de disposer en coupole le système des zones
oires supérieurs au tambour dioptrique et d'étager en prisme droit
nes inférieures, ainsi que nous venons de l'expliquer pour les an-
catadioptriques.

OEUVRES

D'AUGUSTIN FRESNEL.

PHARES

ET

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

PHARES

ET

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.



N° I.

PROJET D'EXPÉRIENCES

UR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES ^(a)

[*Fragment.* — Août 1819.]



la question pour laquelle il est le plus indispensable de consulter l'expérience, et qui peut le moins se décider par la théorie, est

Introduction dont nous avons fait précéder cette dernière partie de notre publication dans quelles circonstances Arago ouvrit à Augustin Fresnel, en provoquant l'admission à la Commission des phares, une carrière toute nouvelle, qu'il allait parcourir avec un succès aussi éclatant qu'inattendu. Aux termes de la lettre adressée à la Commission, le 1819, par son président, M. Becquey, directeur général des ponts et chaussées, cette adjonction ne devait être que *temporaire*. Elle n'avait été demandée en vue d'une série d'expériences spécialement relatives à l'amélioration des appareils alors employés à l'éclairage des côtes maritimes; mais à peine Fresnel eut-il

prouvé à la Commission des phares que les petites mèches donnent une flamme plus vive et plus brillante que les autres, et qu'enfin la combustion d'une même quantité d'huile y produit plus de lumière. L'explication de ce phénomène remarquable qui a paru la plus probable, c'est que l'activité de la combustion se trouve augmentée dans la petite mèche circulaire par le rapprochement des différentes parties de la flamme. Rumford avait déjà remarqué que la lumière produite par deux bougies augmente en intensité, lorsqu'on les approche assez l'une de l'autre pour que leurs flammes se réunissent. L'analogie l'avait conduit à essayer des mèches multiples, composées d'un plus ou moins grand nombre de mèches plates disposées parallèlement et séparées seulement par des intervalles suffisants pour que l'air pût en alimenter la flamme. Il obtint avec cet appareil de grands effets de lumière. Il n'est pas impossible sans doute, en suivant la même idée, de faire des mèches circulaires concentriques, dont le système présenterait l'avantage d'une forme plus analogue à celle des cheminées ordinaires et

pris connaissance du programme à remplir, qu'il fut frappé de l'idée qu'on pourrait accroître dans une forte proportion l'effet utile et économique des phares, par la substitution de *grandes lentilles de verre aux réflecteurs paraboliques*. Cependant, tout en s'attachant à l'étude de ce nouveau système, le jeune ingénieur dut s'occuper, conjointement avec MM. Arago et Mathieu, des expériences comparatives auxquelles il s'agissait de soumettre les grands réverbères de Lenoir et de Bordier-Marcet, ainsi qu'un réflecteur parabolique exécuté par M. Robinson, fournisseur de la corporation anglaise de Trinity-House.

Le Rapport que nous reproduisons ici, d'après une minute autographe inachevée ou incomplète, aura dû être soumis à la Commission des phares vers la fin du mois d'août 1819 : c'est du moins ce que l'on peut inférer de la lettre dont nous donnons un extrait sous le N° II (C). Nous n'avons d'ailleurs trouvé nulle trace des premières discussions auxquelles auront pu donner lieu les questions soulevées par Fresnel sur les moyens d'accroître l'intensité de la flamme focale des appareils d'éclairage, sur la substitution du gaz à l'huile, sur les effets des lentilles de verre comparés à ceux des miroirs métalliques, etc.

Relativement à l'incertitude de plusieurs dates, il est à observer que les procès-verbaux des séances de la Commission des phares, instituée depuis 1811, ne remontent qu'au mois de juillet 1824, époque de la nomination d'A. Fresnel aux fonctions de secrétaire, en remplacement de M. Sganzin, qui les avait remplies jusqu'alors sous le titre de *rapporteur*.

de température de la partie centrale^(a).

Les mèches multiples consommeraient sans doute plus d'huile que les mèches simples de même diamètre; mais, d'après les observations faites sur les petites mèches, dont les mèches multiples doivent offrir les avantages, la consommation de l'huile croîtrait probablement dans un moindre rapport que la quantité de lumière produite; et là la véritable économie.

La manière dont l'huile est amenée dans les mèches exerce aussi une grande influence sur la vivacité de la combustion. Dans les lampes à niveau, le niveau du réservoir baissant, la quantité d'huile portée vers la mèche diminue continuellement^(b). Il est évident que ce système est défectueux. Une condition essentielle à remplir est de fournir constamment à la mèche la quantité d'huile nécessaire pour donner à la flamme le plus grand éclat possible.

Le mécanisme de Carcel produit très-bien cet effet; mais il paraît être trop compliqué pour être employé dans l'éclairage des lieux, à cause de la difficulté de le faire raccommoder sur les lieux, et il viendrait à se déranger.

La lampe hydrostatique de MM. Girard me semble présenter à l'avantage d'une construction simple et celui d'un effet constant. Adoptant il serait bon sans doute d'augmenter assez la hauteur de la colonne pour renouveler l'huile de la mèche par un courant continu. L'huile surabondante ne pourrait pas remonter d'elle-même vers la mèche, comme dans le mécanisme de Carcel; mais elle serait recueillie

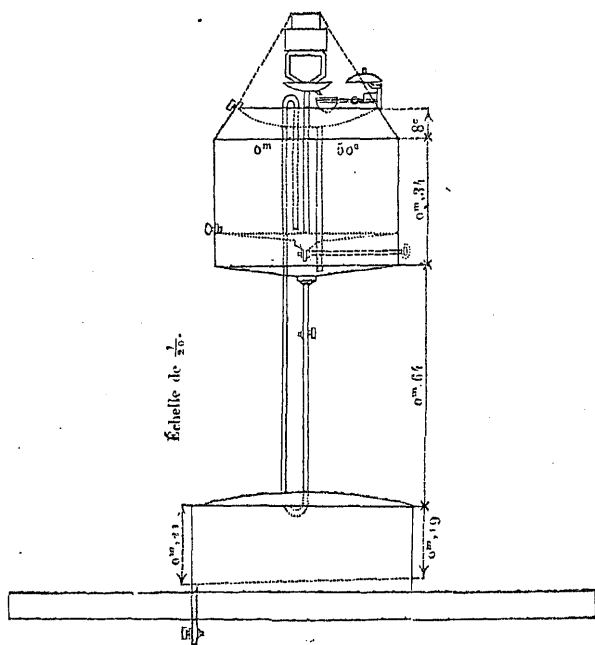
^a La priorité quant à l'idée des *mèches concentriques* paraît appartenir à Guyton de Morveau. (Voyez les *Annales de chimie*, 1^{re} série, t. XXIV, p. 312.)

^b Fresnel, pris en quelque sorte au dépourvu par son adjonction à la Commission des lampes, n'avait encore, lorsqu'il rédigea ce projet d'expériences, que des notions à quelques égards incomplètes sur les appareils d'éclairage dont il s'agissait d'apprécier les effets. Ce projet de lampes à *niveau variable* ne pouvait s'appliquer aux grands réverbères parisiens, ni même aux réverbères de ville, qui étaient illuminés par des lampes à *niveau fixe*. — Voyez le *post-scriptum* du N° II (B).

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

vase et versée le lendemain dans le réservoir. Il serait important de déterminer par l'expérience quelle serait, dans la lampe hydrostatique, la hauteur de pression la plus favorable à la combustion ^(a). Il est encore d'autres questions relatives à la production de lumière sur lesquelles il serait intéressant de consulter l'expérience. M. le chevalier Aldini, dont M. de Prony m'a procuré la connaissance, est beaucoup occupé de l'éclairage au gaz, et a eu la bonté de me communiquer les observations qu'il a faites sur ce sujet, dans son voyage en Angleterre, et les résultats de ses expériences.

M. de Prony fit exécuter dans ces conditions une grande lampe hydrostatique, dont nous donnons ici l'esquisse au vingtième. Elle fonctionnait très-régulièrement avec un bec à



des verres concentriques, brûlant 750 grammes d'huile par heure. Mais le service de nettoyage fut trouvé trop embarrassant. Il ne servit qu'aux premières expériences avec des verres lenticulaires, et les lampes mécaniques à pompe ont été définitivement

Le paragraphe a été bâtonné par l'auteur sur son manuscrit.

le moyen du gaz. Peut-être la complication des appareils employés jusqu'à présent fait-elle craindre que, dans le cas où les lumières viendraient à s'éteindre par quelque dérangement, il ne fût trop difficile d'y remédier sur-le-champ. M. Aldini pense néanmoins que le gaz pourrait être appliqué avec succès aux phares, en le retirant de la distillation de l'huile, dans les pays où elle n'est pas trop chère. Cette distillation, beaucoup plus facile que celle du charbon de terre, pourrait se faire, suivant lui, dans un appareil très-simple posé sur un petit fourneau. Un autre appareil de rechange serait préparé de manière à remplacer sur-le-champ celui qui fonctionnerait, s'il éprouvait quelque dérangement. M. Aldini a trouvé que la lumière produite par la combustion du gaz est plus brillante que celle qui résulte de la combustion immédiate de l'huile, et qu'un moyen d'augmenter encore beaucoup son intensité est d'y mêler de la vapeur d'eau. Il serait intéressant de vérifier ces expériences et de voir si la vapeur d'eau ne pourrait pas être employée avec avantage aussi dans le cas de la combustion immédiate de l'huile^(a).]

6. C'est surtout relativement à la manière de produire la lumière qu'il est indispensable de consulter l'expérience. Quant aux moyens de la diriger, l'optique les indique en annonçant leurs résultats : elle peut même servir à les calculer à l'aide d'un petit nombre de données prises dans les observations, et épargner ainsi beaucoup d'essais inutiles.

^(a) Voyez l'opuscule d'Aldini intitulé : *Saggio di osservazioni sui mezzi atti a migliorare la costruzione e l'illuminazione dei Fari, con Appendice sull' illuminazione dei Fari col gaz.* — Milano, 1823.

Malgré les chances de graves perturbations inhérentes à l'emploi du gaz, il présente, sous le rapport du facile développement des flammes et de leur maintien à une hauteur constante, des avantages qui appelaient le plus sérieux examen sur son application à l'illumination des appareils lenticulaires. Fresnel fit à ce sujet, de 1823 à 1827, de nombreuses séries d'expériences sur lesquelles il a laissé des notes avec quelques croquis. On conserve au Dépôt central des phares les becs à couronnes concentriques qui ont servi à ces essais. (Voir ci-après N° XXIII.)

de connaître dans quelle proportion la lumière est réfléchie
par l'étal du réverbère, selon sa nature et son poli plus ou moins
fin. Le rapport une fois connu, et la forme et les dimensions du
réflecteur étant données, ainsi que celles du corps lumineux placé à
une certaine distance, il sera facile en général de déterminer l'intensité et la di-
rection des rayons. Cependant, quand le poli est très-imparfait, les
irrégularités de la surface occasionnent elles-mêmes une divergence
des rayons, l'observation seule peut évaluer.

Il est encore une chose sur laquelle l'expérience seule peut pro-
poser le rapport le plus avantageux à adopter, dans les feux tour-
nans : c'est la durée de l'éclipse et celle de la vision, qu'on n'augmente
aux dépens de l'intensité de la lumière ⁽ⁿ⁾.

Plus les rayons approchent du parallélisme, plus la lumière est
forte, mais la sensation est forte, mais aussi moins elle dure long-

temps. Les réflecteurs, surtout quand ils sont peu profonds, ont l'in-
convénient de ne point utiliser une partie considérable des rayons, et
ceux qui, plus rapprochés de la direction de l'axe, pour-
raient être ramenés avec le moins de perte. La réfraction en fournit

un moyen. Une large lentille placée devant la flamme d'une lampe, à la
distance du foyer des rayons parallèles, projette une lumière très-
étendue dans la direction de son axe. J'ai pensé qu'on pourrait en faire
un usage avantageux aux phares, et je me suis rencontré en
cela avec M. Arago, qui avait eu la même idée. Nous avons seulement
employé des moyens différents pour la mettre à exécution. La difficulté
est de construire des lentilles assez grandes et assez prismatiques
sur leurs bords pour réunir des rayons très-divergents. Je crois qu'on
peut parvenir en les composant de plusieurs morceaux, ce qui
permet de leur donner une épaisseur beaucoup moins considé-

et d'une transparence plus parfaite^(a).

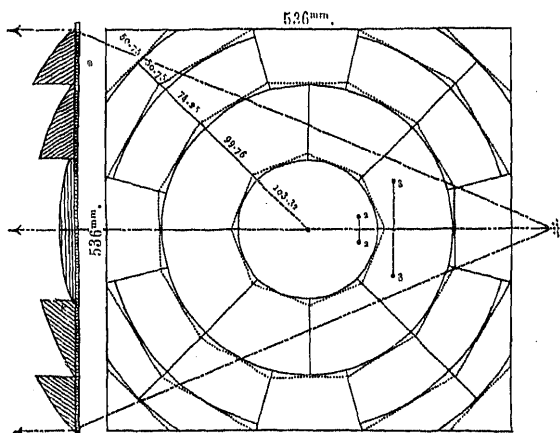
10. J'ai dessiné l'épure d'une lentille construite d'après ce système, qui aurait 0^m,60 de longueur focale et 0^m,46 en carré : elle embrasserait ainsi un angle de 45° dans les deux sens. Je l'ai fait estimer par un opticien, qui se chargerait de la faire pour 500 francs^(b).

^(a) Suivent sur la minute les deux paragraphes ci-après, bâtonnés par l'auteur :

..... Je ne propose pas néanmoins à la Commission d'en faire l'essai avant d'en avoir dessiné l'épure et de m'être rendu un compte exact de la dépense. J'espère avoir bientôt l'honneur de lui présenter sur ce sujet un projet plus détaillé. Mais on pourrait, en attendant, faire un essai sur les deux grandes lentilles qui sont à l'Observatoire et comparer les effets qu'elles produiraient avec ceux des meilleurs et des plus grands réflecteurs.

Des lentilles composées de deux verres convexes entre lesquels on introduit un liquide, comme dans celle qui est à l'Observatoire, pourraient être employées pour des feux fixes, et peut-être leur exécution serait-elle plus économique. Mais elles auraient sans doute l'inconvénient de se salir à la longue dans leur intérieur, et alors, pour les nettoyer, il serait nécessaire qu'on pût les ouvrir à volonté, ce qui rendrait leur construction plus difficile.

^(b) Voici la copie réduite d'une ancienne épure, qui paraît offrir le résultat des premières études d'Augustin Fresnel pour l'exécution des lentilles échelonnées. Nous y joignons les indications de la longueur focale et des centres et rayons de courbure des diverses zones, d'après les calculs de l'auteur.



	CENTRES DE COURBURE.		LONGUEURS des rayons.
	Abscisses.	Ordonnées.	
	mm	mm	mm
Lentille 1	352,19	0,00	365,94
Anneaux.	2	385,44	18,28
	3	431,37	62,14
	4	467,15	109,96
	5	508,18	178,21
			750,38
Longueur focale = 646 ^{mm} ,72.			

Bien que la distance focale (646^{mm},72) et le côté du panneau carré (536 millimètres)

d'un groupe de mèches simples très-rapprochées, on utilise la lumière qui en émanerait dans une zone de 45° de verticale. Or la surface de cette zone est environ les $\frac{3}{10}$ de la sphère, c'est-à-dire presque les $\frac{2}{5}$; et comme la flamme des bougies projette toujours plus de lumière dans cette direction que dans les autres, on pourrait estimer à la moitié des rayons ceux qui seraient compris dans cette zone équatoriale de 45° . Mais, eu égard au petit effet que la lumière éprouve à chaque réfraction, nous les comptons seulement les $\frac{2}{5}$ de la lumière émise.

Montrons maintenant la quantité de lumière utilisée par un miroir parabolique de dimensions ordinaires. Il n'y a environ que 10 rayons qui éprouvent la réflexion d'un réverbère ordinaire, à raison de sa peu de profondeur. La réflexion sur une belle glace polie, sous des incidences peu obliques, affaiblit la lumière de plus de la moitié; les miroirs de télescope produisent une réflexion encore un peu plus faible; et les réflecteurs dont il s'agit ayant un poli beaucoup plus parfait, je ne crois pas que la lumière réfléchie dans ce cas soit plus de la moitié de la lumière incidente. Or $\frac{1}{5}$ multiplié par $\frac{2}{5}$ ne ferait

seulement des longueurs correspondantes mentionnées au présent Rapport (n^{os} 459 et 460 millimètres), divers rapprochements nous donnent tout lieu de croire que la même étude aura servi de base à l'évaluation du paragraphe 10. On lit en effet sur le dessin autographe : « En supposant 0^m,46 de côté à cette lentille, sa surface sera précisément égale à celle du petit réflecteur anglais. » Il résulte d'ailleurs de l'examen de cette épure (dressée à l'échelle d'environ 418 millimètres pour mètre), ainsi que des notes qui accompagnent les calculs, que Fresnel s'était d'abord peu attaché à des détails minutieux, et qu'il avait hésité sur l'échelle qui serait appliquée à l'exécution.

Il paraît que la figure que nous produisons présente, pour les zones concentriques, une forme à la fois circulaire et polygonale, qu'elle explique l'impossibilité où l'on se trouvait, aux premiers essais, d'exécuter sous forme annulaire les éléments des lentilles composées. Il est de fait que les zones qu'ils devaient être assemblés et collés sur une glace plane, comme l'indiquent les figures 1 et 2; mais Fresnel renonça bientôt à une combinaison qui n'eût facilité l'ajustement des zones de verre qu'en exposant le système à perdre sa transparence par l'altéra-

que $\frac{2}{5}$, qui ne sont guère que la moitié de $\frac{2}{5}$, c'est-à-dire de l'effet N° 1. produit par le système des lentilles.

13. Une partie des rayons que j'ai supposés perdus dans ce système pourraient être utilisés et employés à éclairer vivement les abords du phare, en les recevant sur des glaces étamées placées dans l'intérieur de l'appareil et qui les renverraient au travers des lentilles suivant les directions peu inclinées à l'horizon. Enfin, comme cet appareil occuperait peu de place, surtout dans le sens vertical, on pourrait en mettre deux et même jusqu'à trois, les uns au-dessus des autres, dans une même lanterne, et l'on produirait ainsi, je crois, en doublant ou triplant la dépense d'huile, des effets très-supérieurs à ceux qu'on a obtenus jusqu'à présent ^(a).

14. Je ne proposerais pas néanmoins à la Commission la construction d'une lentille de 500 francs avant d'avoir vérifié, avec M. Arago, les évaluations qui servent de base à mon calcul, par des expériences directes sur la grande lentille de l'Observatoire comparée aux meilleurs réflecteurs.

RÉSUMÉ.

15. J'ai l'honneur de proposer à la Commission de résoudre par l'expérience les questions suivantes, qui me paraissent d'une haute importance pour le perfectionnement de l'éclairage des phares :

1° Les mèches multiples ne peuvent-elles pas présenter plus d'avantage que les mèches simples ?

2° Quel est le système de lampe le moins compliqué et le plus propre en même temps à fournir constamment à une mèche la quantité d'huile nécessaire pour produire le maximum de lumière ?

Il est évident que la manière la plus facile et la plus exacte de faire

^(a) L'auteur n'a pas donné suite à cette dernière combinaison, qui eût présenté dans l'application les plus graves difficultés.

s. Ainsi je serais d'avis, pour ces premières observations, .
mer les réflecteurs, et, dans les expériences comparatives
flecteurs, d'employer toujours la même mèche et la même

.....
.....

II.

RÉFLECTEUR A DOUBLE EFFET

DE BORDIER-MARCET,

COMPARÉ

AUX MIROIRS PARABOLIQUES ORDINAIRES.

N° II (A).

LETTRE D'A. FRESNEL À M. SGANZIN,

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Rapporteur de la Commission des phares.

Paris, le 29 août 1819.

Monsieur,

J'ai l'honneur de vous adresser, avec le dossier que vous avez bien voulu me confier, la Note que j'avais rédigée sur la question théorique que vous m'aviez proposée relativement à la comparaison des réflecteurs paraboliques simples avec les réflecteurs à double effet de M. Bordier-Marcet.

Je n'ai point trouvé dans le dossier les calculs sur lesquels M. Haudry appuie l'opinion que l'hyperbole serait préférable à la parabole dans la génération de la surface réfléchissante ^(a), et j'avoue que je n'en

^(a) Il s'agit d'un mémoire dans lequel l'ingénieur en chef des travaux maritimes du Havre, M. Haudry, avait exposé ses idées sur les moyens d'améliorer les phares à feu fixe. L'auteur, préoccupé de la nécessité d'augmenter la divergence horizontale des rayons lumineux, pour obtenir une distribution moins inégale de la lumière dans les divers azimuts, proposait de substituer des miroirs hyperboliques aux miroirs paraboliques.

de perfection; parce que les déviations qui résultent de la
entre la courbe génératrice et la parabole, ou du défaut de
eu également dans tous les sens autour de l'axe; tandis que,
paraboloïde bien exécuté, on peut, en disposant convena-
s lumières excentriques, obtenir des divergences beaucoup
accées dans le sens horizontal que dans le sens vertical.
pris ce que M. Haudry entend par sa surface du genre des
une expression géométrique empruntée à l'architecture,
lle on appelle *tores* les moulures courbes de la base ou du
d'une colonne. Cette surface du genre des tores serait pré-
réflecteur sidéral ^(a) de M. Bordier-Marcet, si la courbe géné-
t une parabole tournant autour de son paramètre.
etc.

A. FRESNEL.

teur est formé de deux surfaces annulaires engendrées par la révolution d'une
r de son ordonnée focale.

NOTE

UR LA COMPARAISON THÉORIQUE DU RÉFLECTEUR PARABOLIQUE ORDINAIRE
AVEC LE RÉFLECTEUR À DOUBLE EFFET DE M. BORDIER-MARCEY ^(a).

[29 août 1819.]

Le réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet est composé de deux portions de paraboloïde de révolution, disposées sur un axe com-

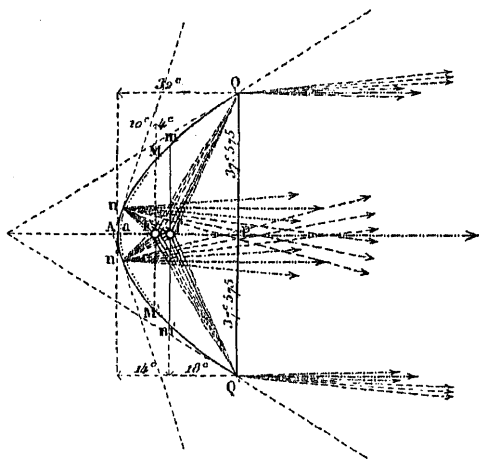
^(a) Cette Note fut demandée à Fresnel par M. Sganzin, à l'occasion de diverses études et expériences spécialement relatives à l'amélioration des deux phares à feu fixe du cap de la Hève, près du Havre. En 1811, les anciens réverbères à coquille et à mèche plate de Sangrain avaient été remplacés, dans la lanterne du sud, par dix réflecteurs à double effet de Bordier-Marcet. Le nouveau système était assurément très-supérieur au pre-

mier, quant à l'intensité des faisceaux lumineux projetés sur l'horizon; toutefois les dix grands réflecteurs, malgré la divergence de leurs rayons, étaient loin de satisfaire à la condition capitale pour un phare à feu fixe, c'est-à-dire à l'égale distribution de la lumière dans l'espace angulaire à éclairer.

Nous plaçons ici, comme complément au texte, le profil d'un réflecteur à double effet, réduit au vingtième, d'après une figure apostillée par A. Fresnel.

Il est presque superflu d'ajouter que l'on n'était pas encore en mesure d'essayer comparativement le système lenticulaire,

dont l'exécution présentait de très-graves difficultés non encore résolues, et que l'inventeur appliqua d'abord aux phares à éclipses.



Les paramètres sont calculés de manière que le plan du cercle de section des deux surfaces passe par le foyer le plus voisin des réflecteurs. Une mèche est placée à chaque foyer, et envoie des rayons qui sont réfléchis parallèlement à l'axe par la portion concave au foyer de laquelle elle est située, et dans des directions divergentes par l'autre partie du réflecteur. Cet appareil équivaut à un réflecteur parabolique ordinaire qui porterait deux mèches, l'une à son foyer et l'autre à une petite distance de ce point. La première réfléchirait, comme l'autre, des rayons parallèles à l'axe et des rayons obliques dont la divergence dépendrait du rapport entre la distance qui sépare les deux mèches et le paramètre du paraboloïde. La différence, c'est que, dans ce second appareil, une des deux mèches produirait la totalité des rayons parallèles, et l'autre, la totalité des rayons divergents; tandis que, dans celui de M. Bordier-Marcet, les deux mèches produisent à la fois une partie des rayons parallèles et une partie des rayons divergents. Mais il est clair que cela ne change rien au même pour l'effet total. Le seul avantage que présente la disposition de M. Bordier-Marcet, c'est qu'une mèche s'éteignant, on ne perd pas toute partie des rayons parallèles; tandis que, dans l'autre réflecteur, les rayons s'évanouiraient en totalité si la mèche située au foyer venait à s'éteindre, et il ne resterait plus que des rayons divergents. Mais, si une mèche peut s'éteindre, on ne voit pas pourquoi le même accident pourrait pas arriver à l'autre, d'autant plus qu'elles appartiennent à la même lampe; et le cas très-rare de l'extinction d'une mèche ne peut provenir que de la mauvaise construction des lampes ou de la négligence de celui qui les allume. Cette considération me paraît être d'un trop peu de poids pour la faire entrer dans la balance, et je pense qu'on pourrait substituer, sans inconvénient, au réflecteur à deux foyers de M. Bordier-Marcet l'appareil plus simple que je viens de décrire. D'ailleurs, quelle que soit l'importance qu'on attache à ce détail, en envisageant les choses sous un point de vue théorique, si on considère que je me propose de le faire, je puis toujours regarder

simple.

Il est évident qu'un miroir parabolique armé de deux mèches, dont une serait placée à son foyer, produirait plus d'effet qu'un miroir de même dimension qui ne serait éclairé que par une seule mèche à son foyer, comme les réflecteurs ordinaires; car le premier réfléchirait la même quantité de lumière que l'autre dans la direction de l'axe, et enverrait en outre des rayons divergents, qui prolongeraient la sensation de la vision lorsqu'on lui imprimerait un mouvement de rotation. Ainsi, en considérant l'économie dans la consommation de l'huile comme un objet de peu d'importance relativement au but qu'il s'agit d'atteindre, il est clair que le réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet ou l'appareil plus simple que je lui substitue est préférable à l'appareil ordinaire.

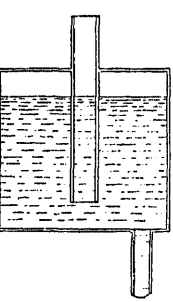
Maintenant voici la question qui se présente :

Est-ce sur l'axe du paraboloïde que se trouve la position la plus avantageuse de la lumière excentrique? — Pour peu qu'on y réfléchisse, on reconnaît bientôt que ce n'est pas dans le sens de l'axe, mais dans celui du paramètre horizontal qu'il faut augmenter les dimensions de l'objet éclairant. En effet, les rayons qui s'élèvent au-dessus de l'horizon étant perdus pour les observateurs, il s'agit d'obtenir une divergence dans le sens horizontal avec le moins de divergence verticale possible. Or en plaçant la lumière excentrique sur l'axe, il en résulte une divergence égale dans tous les azimuts autour de l'axe; tandis que, si elle était située sur la ligne horizontale menée par le foyer perpendiculairement à l'axe, les rayons qu'elle enverrait dans le plan horizontal et dans un plan vertical parallèle à l'axe n'éprouveraient pas de déviation verticale sensible (si cette lumière excentrique était peu éloignée du foyer, comme je le suppose); la plus grande déviation dans le sens vertical aurait lieu dans l'azimut de 45° , et serait moindre évidemment que la déviation produite dans le même azimut par la lumière excentrique placée sur l'axe, qui occasionnerait une déviation encore plus grande dans le plan vertical, où elle atteint son maximum. Voilà

des considérations géométriques fort simples, que, lorsque l'objet excentrique est placée sur le paramètre horizontal, le rapport de divergence dans le sens vertical n'est que le quart de celui de divergence dans le sens horizontal. Ce résultat n'est pas tout à fait exact que pour un point très-voisin du foyer, mais il est encore assez de la vérité tant que l'intervalle n'est pas plus grand que celui qui est nécessaire pour produire la divergence requise. On voit donc qu'il est plus avantageux d'augmenter les dimensions de l'objet éclairant dans le sens du paramètre horizontal que dans le sens de l'axe, puisque alors la déviation verticale est égale à la déviation horizontale, et que l'augmentation la plus mal entendue dans le sens qui aurait lieu suivant la direction verticale, puisque dans ce cas la déviation verticale serait quadruple de la déviation horizontale.

M. Bordier-Marcet a bien senti l'inconvénient, que présente son réflecteur à double effet de faire diverger également les rayons dans tous les sens; et pour y remédier, un autre réflecteur d'une forme si compliquée qu'il me paraît à peu près inexécutable. M. Bordier-Marcet propose d'ailleurs en supposant qu'il empêcherait de cette manière la divergence dans le sens vertical. Il ne ferait que la rendre moindre que la divergence horizontale, et nous avons vu qu'on pouvait atteindre ce résultat avec un miroir parabolique ordinaire, en changeant seulement la position de l'objet éclairant. Il est étonnant qu'une idée aussi simple ne soit pas venue à l'esprit lorsqu'il cherchait la solution de ce problème.

En résumé, je suis donc d'avis que le réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet est préférable au réflecteur parabolique ordinaire à simple mèche; mais qu'en ajoutant à celui-ci deux autres miroirs excentriques placés à droite et à gauche du foyer, on obtiendrait avec ce simple miroir parabolique un effet supérieur, pour les rayons horizontaux, à celui que produit le réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet; et j'ai l'honneur de proposer à la Commis-

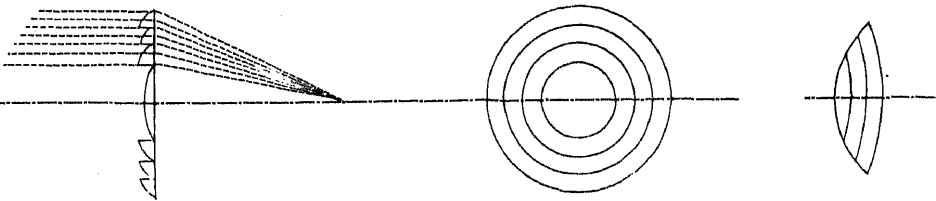


flecteur ordinaire. Je proposerai encore d'y faire un perfectionnement utile et d'une exécution facile : ce serait d'ajouter au réservoir un tube disposé comme dans les gazomètres, pour rendre la pression constante et l'écoulement de l'huile uniforme. Il serait bon que cette pression et l'ouverture du robinet qui introduirait l'huile dans le porte-mèche fussent réglées de manière que l'huile arrivât toujours en quantité surabondante, comme dans les lampes de Carcel, afin de donner à la flamme le plus grand éclat possible ^(a).

P. S. En étudiant les réservoirs des quinquets ordinaires, j'ai remarqué que leur appareil équivalait à celui que je propose, excepté que, la hauteur de pression étant moindre que celle du bec, l'huile n'y est point amenée en surabondance ^(b).

^(a) Nous avons déjà signalé ce fait singulier que, lorsque Fresnel fut appelé (au mois de juin 1819) à concourir aux expériences entreprises par la Commission des phares pour l'amélioration de l'éclairage de nos côtes maritimes, il abordait cette nouvelle étude avec des notions incomplètes sur le mode d'illumination des réverbères. (Voyez la note (b) de la page 7.)

^(b) Sur le dernier feuillet de son manuscrit, Fresnel a ébauché l'esquisse (que nous reproduisons sous une forme plus arrêtée) d'une *lentille à échelons*. Selon toute apparence,



Le croquis aura été tracé pour les explications dont il est question dans la lettre suivante de M. Sganzin, en date du 6 septembre 1819.

EXTRAIT

D'UNE

LETTRE DE M. SGANZIN,

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Rapporteur de la Commission des phares,

À A. FRESNEL ^(a).

Paris, 6 septembre 1819.

avant-hier, Monsieur et cher camarade, à l'Observatoire, où j'espé-
trouver : j'y ai laissé le réflecteur anglais^(b), avec une partie de ses
s, au moins ce qui m'a paru essentiel pour les expériences particu-
vous vous proposez de faire.

ervations sur le réflecteur Bordier, que j'ai lues avec attention, me
très-exactes, et il n'y a aucun doute que, si l'on plaçait dans un
de de Lenoir une seconde lampe excentrique, on obtiendrait, à éga-
face réfléchissante, la même somme de rayons réfléchis parallèlement
divergents dans un système que dans l'autre. Le moyen que vous
pour utiliser, dans le cas de nos phares, la plus grande quantité pos-

avons cru devoir reproduire cette lettre, au moins par extrait, eu égard à ce
à très-peu près une date importante, celle des premières communications faites
à la Commission des phares au sujet des *appareils lenticulaires* d'éclairage.
reflecteur anglais, dont il est souvent question dans les registres des expériences
s faites à l'Observatoire par MM. Arago, Mathieu et Fresnel, sur divers appa-
rage, est un miroir parabolique de cuivre plaqué d'argent, de 522 millimètres
(environ 20 pouces anglais) et de 217 millimètres de profondeur, exécuté par
fournisseur de la corporation de Trinity-House.

ligne du paramètre, deux lampes, afin d'avoir moins de rayons divergents dans le sens vertical, au-dessous et au-dessus du plan horizontal, me semble bon en théorie; mais, outre la grande consommation d'huile qui résulterait de ces trois lumières, il y aurait un autre inconvénient, c'est celui de diminuer considérablement la surface réfléchissante par la nécessité de percer des trous dans le miroir, pour placer les cheminées de verre, et celle d'adapter des godets au-dessous, afin d'éviter les gouttes d'huile sur le réflecteur; en sorte que, au moins que les expériences que vous vous proposez de faire sur cette disposition de trois lampes dans un réflecteur n'établissent une très-grande supériorité dans le résultat, je pense qu'il vaudrait peut-être mieux employer, comme l'ont les Anglais, un plus grand nombre de paraboloïdes simples d'une moindre dimension, et avec une seule lumière au foyer.

Si vous êtes obligé pour ces expériences de percer des trous dans un réflecteur, pour placer les cheminées des lampes latérales, je vous prie de ne pas employer à cet usage le réflecteur anglais : il vaudrait mieux sacrifier l'un des réflecteurs de Lenoir, que je tâcherai de vous procurer, à moins que M. Arago ne vous livre l'un de ceux qu'il a à sa disposition.

M. Mathieu, que j'ai eu le plaisir de voir à l'Observatoire, m'a expliqué votre projet de *lentille*, dont vous avez parlé à la dernière séance de la Commission, et que je n'avais pas bien compris. Je serais fort aise que vous fissiez l'expérience de ce moyen pour remplacer nos miroirs métalliques; et comme j'ai à la disposition de la Commission de très-belles glaces de 28 à 30 pouces de côté, et qui ont servi aux expériences de l'année dernière, vous pourriez en prendre une pour y adapter les portions de calottes sphériques dont l'assemblage doit former votre lentille.

Recevez, Monsieur et cher camarade, etc.

L'inspecteur général des travaux maritimes,

J. SGANZIN.

LETTRE DE M. SGANZIN À A. FRESNEL.

Paris, le 23 octobre 1819.

En ces jours derniers, Monsieur et cher camarade, la visite de M. Hamelin a été voir le réflecteur anglais^(a) à l'Observatoire. Il m'a assuré qu'il trouverait les moyens de fabriquer des réflecteurs *en plaqué*, s'ils n'excèdent pas 18 pouces de diamètre, et *argentés*, de quelque épaisseur que nous les voulions, à la condition que nous lui fournirions la courbe génératrice du réflecteur; et comme il y a de la tôle de différentes épaisseurs, il faudra que nous déterminions celle qu'il nous conviendrait de choisir, relativement à la grandeur du réflecteur.

Il m'a prié, en conséquence, Monsieur et cher camarade, de voir M. Arago examiner avec lui par quel essai nous commencerons. Il me semble qu'il conviendrait de commencer par un réflecteur plaqué, des dimensions et d'épaisseur de tôle semblables au réflecteur anglais, pour en constater les effets; et si M. Hamelin réussit dans ce premier essai plaqué, et qu'il soit reconnu qu'il convienne à la Commission, nous en ferions faire ensuite d'une plus considérable et de la forme qui sera jugée la meilleure par la Commission.

Je suis informé par M. Bordier-Marcet que l'appareil de la tour des Minimes (de Ré) était monté dans la lanterne de l'Arc de triomphe, et que M. Hamelin s'occupait de l'arrangement de la machine. D'après cet état de choses, il me semble que nous pourrions, dès lundi prochain, commencer les expériences, pour constater l'effet de cet appareil.

Je regrette de ne pas me trouver mardi dernier [19 octobre] dans mon cabinet, puisque la Commission s'y est réunie. J'étais au Conseil des ponts et

la lettre précédente.

isque je m'y suis rendu ; mais la Commission a pris une bonne détermination, à laquelle j'adhère, en vous autorisant à faire une dépense de 500 francs pour la *fabrication de votre lentille* ^(a).

Recevez, etc.

J. SGANZIN.

^{a)} Cette lettre, en même temps qu'elle fait connaître l'objet des expériences comparatives que Fresnel eut à s'occuper à ses débuts, comme adjoint à la Commission des phares, fixe une date importante, celle de la première délibération relative à la construction et à l'essai d'un appareil dioptrique d'éclairage. La lentille polyzonale dont il s'agit ici fut illuminée pour la première fois le 1^{er} mars 1820.

EXPÉRIENCES

SUR

LES LAMPES A MÈCHES CONCENTRIQUES.

N^o III (A).

NOTE

SUR

L'OBJET ET LES RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES FAITES À L'OBSERVATOIRE

PAR MM. ARAGO ET FRESNEL ^(a).

L'objet de nos recherches est de savoir si l'on ne pourrait pas obtenir des flammes plus brillantes que celle des lampes ordinaires, en réunissant plusieurs mèches concentriques dans un seul bec, d'après le système de M. de Rumford ^(b). Quoique nous n'ayons sans doute pas atteint le maximum d'effet qu'on puisse produire avec les becs que nous avons pu construire, nous sommes déjà parvenus à des résultats très-satisfaisants. Avec un bec portant deux mèches concentriques, dont la plus

^(a) Cette Note, datée du 8 décembre 1819, semble avoir été destinée à l'Académie des sciences. Une seconde Note plus étendue sur le même sujet a été annexée au Mémoire VIII, et reproduit à peu près textuellement l'article inséré, sous les noms de MM. ARAGO FRESNEL, dans le cahier d'avril 1821 des *Annales de chimie et de physique*, ainsi que dans le cahier de juin, même année, du *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*.

^(b) Ou plutôt de Guyton de Morveau. (Voir les *Annales de chimie*, 1^{re} série, t. XXIV, p. 312.)

le, pour leur développement, à trois mèches ordinaires, nous obtenu une lumière égale à celle de cinq becs ordinaires [d'Ar-La consommation de l'huile n'était guère plus grande que celle re becs. Ainsi, par rapport à la quantité de lumière produite, ait environ un cinquième d'économie dans la dépense d'huile, moins un sixième.

pensons que des becs doubles de cette espèce pourraient être és avec avantage aux becs ordinaires dans les réflecteurs avec on voudrait produire de grands effets, et dispenseraient de les er autant qu'on le fait pour atteindre ce but dans les phares vent être aperçus de très-loin.

avons essayé aussi des becs triples, et nous avons déjà obtenu ds effets de lumière. Avec un bec triple, dont les mèches équi-ensemble à huit mèches ordinaires, nous avons produit une égale à celle de quinze becs ordinaires ou à plus de cent bou- us n'avons cependant pas encore résolu le problème des becs 'une manière aussi satisfaisante que celui des becs doubles, car sommes pas encore parvenus à séparer des bords du bec triple e des deux mèches intérieures. Mais nous espérons en venir à

becs triples sont trop gros pour que nous songions à les placer s réflecteurs; c'est seulement pour le système d'un phare com-*lentilles* qu'il serait nécessaire de réunir ainsi beaucoup de lu-ous un volume peu considérable.

nous occupons dans ce moment d'essais sur la forme et les ons les plus avantageuses à donner aux cheminées de verre, une si grande influence sur la combustion de l'huile et l'éclat mme.

, ce 8 décembre 1819.

A. FRESNEL.

N° III (B).

EXPÉRIENCES FAITES À L'OBSERVATOIRE

SUR LA LUMIÈRE PRODUITE PAR LES BECS SIMPLES ET MULTIPLES ^(a).

[27 septembre 1819.]

Nous avons d'abord comparé deux mèches simples ayant, l'une... de diamètre, et l'autre... [20 millimètres]. Cette dernière est la plus généralement en usage, et nous l'appellerons en conséquence *mèche ordinaire*, pour la distinguer de l'autre, à laquelle nous donnerons le nom de *petite mèche*, lorsque nous ne voudrons pas répéter leurs dimensions.

Les deux mèches éclairaient également bien le carton, lorsqu'il était à 3^m,43 de la petite et à 3^m,86 de la mèche ordinaire. Les deux ombres nous paraissaient alors d'une intensité égale, mais de teintes sensiblement différentes, celle qui répondait à la petite mèche étant rougeâtre, et l'autre bleuâtre, par opposition. Il s'ensuit que la lumière de la petite mèche était plus blanche que celle de la mèche ordinaire.

D'après les distances indiquées ci-dessus, l'intensité de la lumière produite par la petite mèche était les $\left(\frac{3,43}{3,86}\right)^2$, ou les 0,79, c'est-à-dire environ les $\frac{4}{5}$ [de la lumière produite par la mèche de calibre ordinaire]. Or la circonférence de la petite mèche est les ^(b)

Nous avons comparé ensuite le bec ordinaire avec un bec double portant deux mèches concentriques. Celle de l'intérieur est précisément égale à celle du bec ordinaire, et la seconde a une circonférence double, en sorte qu'elles équivalent à trois mèches ordinaires, quant

^(a) Cet appendice à la Note précédente sur les becs à mèches multiples est extrait du registre dans lequel Fresnel a consigné les résultats des expériences faites par lui, de concert avec MM. Arago et Mathieu, sur divers appareils d'éclairage, du 27 septembre 1819 au 1^{er} septembre 1821.

^(b) Chiffres laissés en blanc sur la minute.

apparemment de leurs contours. La cheminée du bec double était
 e aux cheminées des lampes ordinaires et disposée de la même
 ais, soit qu'elle fût trop étranglée au-dessus du renflement, soit
 pareille forme ne puisse pas produire, avec un bec double, les
 effets qu'avec un bec simple, nous avons toujours remarqué
 lamaine extérieure une agitation très-prononcée.
 eux lumières, reçues sur le même carton, nous paraissaient
 intensité, lorsqu'il était à 4^m,06 du bec double et à 2^m,15 du
 aire.

en prenant toujours pour unité l'intensité du bec ordinaire,
 bec double était égale à $(\frac{4,06}{2,15})^2$ ou à 3,57.
 autre observation a donné, pour les distances des deux becs au
 toujours dans le cas d'ombres égales en intensité :

Bec double 4^m,13

Bec ordinaire 2^m,21

résulte, pour l'intensité comparative de la lumière du bec
 $(\frac{4,13}{2,21})^2$, ou 3,49.

ienne entre ces deux résultats est 3,53, c'est-à-dire en-

avons remarqué, à la fin de la séance, qu'en renversant la che-
 en y faisant entrer le bec par le haut, on obtenait une lumière
 ent plus vive et une flamme parfaitement tranquille, comme
 becs simples.

Toutes nos expériences ont été faites avec des réservoirs pareils
 n peut commodément élever le niveau à volonté. Nous avons
 e faire arriver l'huile dans les becs toujours en quantité sura-
 . Nous nous servirons des mêmes appareils et nous amènerons
 l'huile en surabondance dans les observations ultérieures^(a).

avons cru devoir borner ici cet extrait, qui donne la date authentique des pre-
 ciences d'Augustin Fresnel sur les appareils d'éclairage, avec quelques indications
 ere de procéder dans ses opérations photométriques.

IV.

MÉMOIRE,

NOTES ET CALCULS RELATIFS AUX PHARES CATOPTRIQUES.

N° IV (A).

SUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES^(a).

[*Fragment.* — Avril 1820.]

1. Les phares étaient anciennement éclairés par des feux de bois ou de charbon de terre. On y substitua ensuite des lampes alimentées

^(a) Dans ce fragment sans date il n'est question que de la théorie des *phares catoptriques*, en sorte qu'au premier abord on pourrait le croire antérieur aux précédents écrits. Mais les indications qu'il fournit sur les proportions les plus avantageuses à donner aux réverbères paraboliques ont avec la Note ci-après (D), adressée à Gambey, le 19 avril 1820, une connexité qui doit faire rapporter ces deux pièces à peu près à la même époque. Il ne faudrait pas d'ailleurs inférer de ces études que Fresnel eût pendant quelque temps écarté l'idée de son nouveau système d'éclairage pour revenir à l'ancien. On s'expliquera facilement cette marche en apparence rétrograde, si l'on considère, d'une part, les graves difficultés à résoudre pour passer de la conception à la complète exécution des appareils lenticulaires, et, d'un autre côté, l'impérieuse nécessité de satisfaire aux besoins les plus urgents de notre

et ainsi, pendant toute la durée de la nuit, une lumière d'une intensité uniforme. Mais ces lampes à mèches plates, à peu près semblables à celles des réverbères qui servent à l'éclairage des rues, ne donnaient qu'une lumière faible, dont on n'utilisait d'ailleurs qu'une partie peu considérable, au moyen des petits réflecteurs placés derrière les becs.

Il y avait encore en France plusieurs phares éclairés de cette manière. Mais, depuis la belle découverte d'Argand que l'éclairage des phares a éprouvé un perfectionnement notable, lorsque M. Teulère, directeur divisionnaire des ponts et chaussées, substitua aux anciennes lampes à double courant d'air, et aux anciens réflecteurs, des miroirs paraboliques de cuivre argenté, au foyer desquels se plaçaient les nouveaux becs.

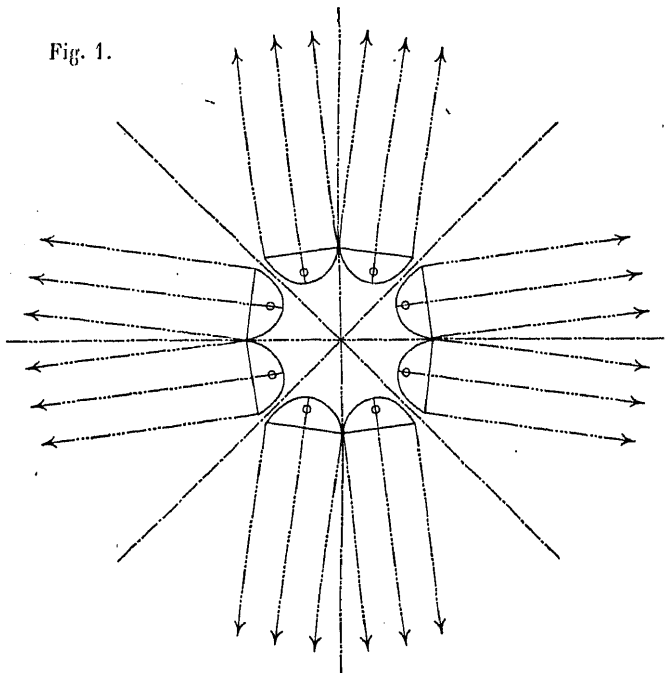
C'est aussi à M. Teulère qu'on doit l'idée ingénieuse des feux tournants^(a). Dans ce système, au lieu de diriger les axes des réflecteurs de manière que les cônes lumineux qu'ils réfléchissent soient contigus et remplissent ainsi tout l'horizon en même temps, on en réunit plusieurs dans une même direction, en laissant des intervalles obscurs entre les cônes illuminés par les différents groupes de réflecteurs, ainsi que

maritime. Ce fut sous la pression d'une telle nécessité que Fresnel dut s'occuper de la construction des appareils catoptriques et chercher à se rendre préalablement compte de la relation à établir entre la profondeur et l'ouverture des paraboloïdes. Les résultats de ses recherches furent transmis à Gambey, qui soumissionna, en 1820, la fourniture de dix réflecteurs de 65 centimètres d'ouverture, de cuivre plaqué d'argent. Mais l'éminent artiste, après divers essais, jugea que ce marché lui serait très-onéreux, en sollicita la modification. Il l'obtint d'autant plus facilement que la supériorité théorique et pratique du nouveau système catoptrique fut bientôt pleinement reconnue, en sorte que l'application des réverbères à l'éclairage des phares ne pouvait plus être admise que comme mesure transitoire et exceptionnelle.

Enfin, quant à l'invention et à l'emploi des *feux tournants*, nous paraît appartenir à M. Borda. (Voir le Rapport de Borda sur le phare tournant de Lemoyne, dans le recueil des sciences, année 1783.)

stème et entretenu par une horloge, qui fait passer successivement

Fig. 1.



us les cônes lumineux devant l'œil du navigateur, d'où résulte pour i une succession régulière d'éclats et d'éclipses.

Ce système présente deux grands avantages : 1° celui de permettre e réunir sur une même direction plusieurs réflecteurs, sans en aug- enter le nombre, et de produire ainsi, avec la même dépense, des fets de lumière beaucoup plus grands; 2° celui d'empêcher le naviga- ur de confondre les phares avec toute autre espèce d'objets lumineux, de les lui faire distinguer entre eux, en variant simplement l'inter- lle de temps compris entre les milieux de deux éclats consécutifs.

DES FEUX TOURNANTS.

3. La durée absolue des éclats et des éclipses dépend à la fois des intervalles angulaires qu'ils occupent et de la vitesse du mouvement e rotation. On pourrait même ajouter qu'elle dépend aussi de l'inten-

lumineux, qui n'étaient pas sensibles pour un spectateur éloigné, et le devenir lorsque la vivacité de la lumière focale augmente, qu'un plus grand nombre de cônes lumineux se superposent. On peut prolonger la durée de l'éclat, sans augmenter l'amplitude des cônes lumineux, en ralentissant seulement le mouvement de rotation. On augmente alors la durée de l'éclipse, et précisément dans la même proportion; en sorte que le nombre des chances favorables pour percevoir le phare reste le même. Pour les multiplier, il faut nécessairement augmenter le rapport de la durée des éclats à celle des éclipses, en augmentant les angles illuminés ou en augmentant le nombre. Lorsque le nombre total des réflecteurs reste le même, on ne peut augmenter celui des angles illuminés qu'en les subdivisant en angles plus petits, et dont l'effet diminue d'intensité dans la même proportion. On peut aussi élargir les angles illuminés en faisant diverger ou moins les axes des réflecteurs d'un même groupe, au lieu de les placer dans des directions exactement parallèles; mais la diminution d'intensité de lumière, dans ce cas, est encore proportionnelle au carré du biseau de l'amplitude de l'angle éclairé. Ainsi, de quelque manière que l'on combine les directions des réflecteurs, on n'augmente l'intensité de l'éclat qu'aux dépens de sa durée, et sa durée qu'aux dépens de sa vivacité. Ce sont comme les deux facteurs d'un produit constant, dont l'un diminue toujours dans le même rapport que l'autre augmente.

C'est ce produit de la durée de l'éclat par l'intensité de sa vivacité que nous regarderons comme la mesure de l'effet utile des phares, dans la recherche des dimensions les plus avantageuses à leur donner, puisque l'on peut toujours, par une distribution convenable des réflecteurs, augmenter à volonté la durée de la lumière aux dépens de sa vivacité ou sa vivacité aux dépens de sa durée, tandis que le produit reste constant. Ainsi la forme des réflecteurs qui donne le plus grand produit possible sera en même temps celle qui sera la plus avantageuse à l'éclairage des phares.

forme à donner aux réflecteurs devient indépendante de l'importance relative de la durée et de la vivacité des éclats, question qui ne peut être décidée, pour chaque phare en particulier, que d'après les besoins de la navigation.

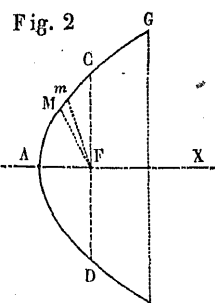
1^{er} PROBLÈME.

La surface du miroir parabolique étant donnée, déterminer le degré de profondeur ou de courbure qui produira le plus grand effet utile.

7. Je remarquerai d'abord que les miroirs métalliques réfléchissent, très-peu près, la même quantité de lumière sous toutes les inclinaisons, depuis l'incidence perpendiculaire jusqu'aux incidences les plus obliques, et je supposerai que le degré d'obliquité ne fait point varier l'intensité de la lumière réfléchie.

Je supposerai aussi que tous les points de la flamme envoient des rayons lumineux d'égale intensité dans tous les sens, en raison de sa transparence presque parfaite, et en faisant abstraction de la petite ombre portée par le bec de la lampe.

Ces deux hypothèses, sans lesquelles le calcul serait impraticable, s'éloignent assez peu de la vérité pour être admises dans une évaluation approximative des effets des réflecteurs, surtout en comparant des formes qui ne peuvent pas différer beaucoup, et pour lesquelles, en conséquence, les petites quantités que nous négligeons doivent être à peu près les mêmes.



Cela posé, soit F (fig. 2) le foyer d'un miroir parabolique, M un point quelconque de la parabole génératrice DAMG; je représente par s l'angle AFM compté à partir du sommet A, et par ds la différentielle MF m de cet angle. La partie de la sphère lumineuse engendrée par l'angle MF m tournant autour de l'axe AX sera égale à $2\pi \sin s ds$, et cette expression représentera ainsi la somme des rayons émanés du point F qui tombent sur la partie de la surface du miroir

ient tous du foyer, ils seraient tous réfléchis parallèlement, et ne formeraient ainsi qu'un cylindre lumineux, dont la base est égale à l'ouverture du réflecteur. Mais l'objet éclairant ayant des dimensions sensibles, il s'ensuit que les rayons qui en émanent s'écartent plus ou moins de la direction du rayon vecteur, et cet écart donne précisément la mesure de l'angle que les rayons réfléchis font avec le rayon vecteur du paraboloïde, c'est-à-dire la mesure de leur *divergence*. Je dis leur divergence, même pour les rayons réfléchis qui se rapprochent de l'axe; car, après l'avoir coupé, ils s'en éloignent, et qu'il n'y a plus ainsi de rayons divergents, à des distances un peu considérables du foyer, telles que celles pour lesquelles nous cherchons à déterminer l'effet utile des réflecteurs. Or la divergence des rayons partis des différents points d'un élément de l'objet éclairant, et tombant sur le même point du miroir, est sensiblement en raison inverse de sa distance au foyer; dont nous supposons que tous les éléments de l'objet éclairant sont peu éloignés. Mais il faut distinguer deux sens dans la divergence des rayons réfléchis, le sens horizontal et le sens vertical; et c'est seulement dans le sens vertical que cette divergence nuit à l'effet utile; car, s'il n'y avait de divergence que dans le sens horizontal, la somme des rayons reçus par l'œil du spectateur pendant la rotation du phare serait toujours la même. L'effet utile est donc en raison inverse seulement de la première puissance de la divergence et, par conséquent, proportionnel au rayon vecteur FM, que je représente par r . Ainsi l'effet utile produit par les rayons incidents compris dans l'élément de la sphère lumineuse $2\pi \sin s \, ds$ sera proportionnel à $2\pi r \sin s \, ds$.

3. La même expression représenterait l'effet utile produit par les rayons émanés de tout autre élément de l'objet éclairant, et tombant sur la même partie de la surface du paraboloïde engendrée par le point M sur l'arc Mm , et l'on peut en conséquence la prendre pour la mesure de l'effet utile produit par tous les rayons réfléchis sur cette partie du miroir. Pour avoir l'effet utile de la totalité des rayons réfléchis par le

étendue de sa surface, et, en égalant à zéro le coefficient différentiel de l'intégrale pris par rapport à s , on obtient l'équation qui donne la valeur extrême de s , répondant au maximum de l'effet utile.

9. Comme le paramètre est ici une quantité variable, il faut le différentier aussi par rapport à s , après avoir tiré sa valeur en fonction de s de l'équation qui exprime que la surface du paraboloides est égale à une quantité constante. On arrive de cette manière à une équation transcendante logarithmique, indépendante de la constante, comme on devait s'y attendre, et qui, résolue numériquement, donne, pour valeur de s très-approchée, $107^{\circ} 59' 4''$.

10. Les réflecteurs construits d'après ce résultat seraient encore plus profonds que ceux qui ont servi aux opérations géodésiques de la méridienne, dans lesquels s est égal à $98^{\circ} 43'$ environ; mais ils seraient moins profonds que ceux qui sont généralement adoptés dans les phares d'Angleterre, pour lesquels s est égal à $118^{\circ} 22'$.

11. Comme la difficulté de placer un grand nombre de réflecteurs dans une petite cage tient beaucoup plus à la largeur de ces réflecteurs qu'à leur profondeur, on pourrait dans ce cas se demander quelle est, pour une largeur donnée des réflecteurs, la profondeur la plus avantageuse. Alors ce ne serait plus la surface du réflecteur qu'il faudrait évaluer à une constante, mais le diamètre de son ouverture. En tirant de cette équation la valeur du paramètre en fonction de s , et faisant d'ailleurs le calcul comme nous venons de l'indiquer, on trouve, pour la valeur de s répondant au maximum de l'effet utile, $s = 126^{\circ} 24' 52''$.

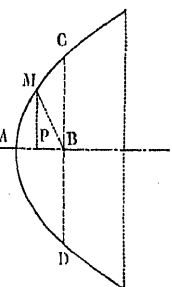
12. Un réflecteur qui aurait la même ouverture, mais dans lequel la valeur extrême de s serait égale à $107^{\circ} 59' 4''$, comme ci-dessus, ne produirait que $\frac{1}{5}$ de moins d'effet utile, et présenterait une économie de $\frac{1}{5}$ environ dans sa superficie, avec une diminution pareille dans son poids; et sa profondeur ne serait guère que les $\frac{2}{3}$ de celle de l'autre réflecteur. Il résulterait sans doute de cette moindre courbure une plus grande facilité d'exécution, et par conséquent une nouvelle économie dans la façon, en sus de celle de $\frac{1}{5}$ provenant de la

produire le maximum d'effet que comporteraient les dimensions
cage, on doit encore préférer la première forme de réflecteurs.
petite différence de $\frac{1}{2s}$ dans l'effet utile, répondant à une varia-
tion notable de la valeur de s , fait voir aussi qu'il ne faut pas attacher
l'importance dans la pratique à ce que s soit exactement égal à
celui donné par la théorie, et qu'il suffit qu'il n'en diffère pas trop.
C'est au reste une propriété générale et caractéristique des *maxima*
et *minima* que, dans leur voisinage, des changements sensibles de
la variable n'en apportent pas de sensibles dans la fonction; et c'est
pourquoi cette condition même qu'on établit l'équation qui sert à les
trouver.....

CALCUL DU DEGRÉ DE PROFONDEUR LE PLUS AVANTAGEUX À DONNER
À UN RÉFLECTEUR PARABOLIQUE.

[. Avril 1820.]

$$P = x; \quad MP = y; \quad ABM = s; \quad MB = r; \quad CD = p.$$



$$y^2 = px; \quad 2ydy = pdx; \quad dx = \frac{2ydy}{p}.$$

$$d \cdot \text{arc} = \sqrt{dy^2 + dx^2} = \sqrt{dy^2 + \frac{4y^2}{p^2} \cdot dy^2} = \frac{dy}{p} \sqrt{p^2 + 4y^2}.$$

$$\text{Circonférence (rayon} = MP) = 2\pi y.$$

$$\text{Ainsi l'anneau différentiel} = \frac{2\pi}{p} ydy \sqrt{p^2 + 4y^2},$$

l'intégrale est

$$\frac{\pi}{6p} (p^2 + 4y^2)^{\frac{3}{2}} + C.$$

Or l'intégrale doit être nulle quand $y = 0$;

ainsi

$$\frac{\pi}{6p} (p^2)^{\frac{3}{2}} + C = 0,$$

^(a) Les calculs que nous reproduisons ici ont fourni les résultats consignés dans le fragment précédent, ainsi que dans la Note ci-après (D), adressée par Fresnel à Gambey, 19 avril 1820, sur les meilleures proportions à donner aux réflecteurs paraboliques.

Ces calculs figurent en tête d'un carnet où ils sont suivis d'une série de notes relatives aux essais comparatifs de grands réverbères paraboliques, à la construction d'une lentille cylindrique, etc.

$$C = -\frac{1}{6}\pi p^2.$$

surface du parabolôide de révolution est donc égale à

$$\frac{\pi}{6p}(\rho^2 + 4y^2)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{6}\pi p^2 = a^2.$$

supposerai cette surface constante et je chercherai quel est le de courbure le plus avantageux pour le bon emploi de la lumière du foyer.

bon emploi d'un cône lumineux infiniment mince qui tombe sur surface du miroir est proportionnel à la distance r de cet élément surface au foyer; à la vérité, la divergence des rayons partis des points de l'objet éclairant est en raison inverse du carré de distance; mais la perte de lumière ne doit être considérée comme proportionnelle qu'à la divergence dans un seul sens, dans le sens radial.

nombre de rayons compris dans le cône lumineux différentiel est à $2\pi \cdot \sin s \, ds$, qu'il faut multiplier par r pour avoir la mesure utile produit; ce qui donne $2\pi r \sin s \, ds$.

est cette expression qu'il faut intégrer dans toute l'étendue du foyer pour avoir la mesure de la quantité de rayons utilisés.

on a :

$$y = r \sin s; \quad \text{et} \quad x = \frac{1}{4}p - r \cos s;$$

conséquent $y^2 = px$ devient

$$r^2 \sin^2 s = p \left(\frac{1}{4}p - r \cos s \right) = \frac{1}{4}p^2 - pr \cos s,$$

$$r^2 + r \cdot \frac{p \cos s}{\sin^2 s} - \frac{1}{4} \frac{p^2}{\sin^2 s} = 0;$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{p \cos s}{\sin^2 s} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \frac{p^2 \cos^2 s}{\sin^4 s} + \frac{1}{4} \frac{p^2}{\sin^2 s}} &= -\frac{1}{2} \frac{p \cos s}{\sin^2 s} \pm \frac{1}{2} \frac{p}{\sin^2 s} \sqrt{\cos^2 s + \sin^2 s} \\ &= -\frac{1}{2} \frac{p \cos s}{\sin^2 s} \pm \frac{1}{2} \frac{p}{\sin^2 s} \quad (\text{c'est le signe } + \text{ qu'il faut prendre}). \end{aligned}$$

$$r = \frac{1}{2} p \frac{1 - \cos s}{\sin^2 s} = \frac{1}{2} p \frac{1 - \cos s}{1 - \cos^2 s} = \frac{1}{2} p \frac{1}{1 + \cos s} = \frac{p}{4 \cos^2 \frac{1}{2} s} \quad (1);$$

et par conséquent l'intégrale devient :

$$\int \frac{p \sin s \, ds}{4 \cos^2 \frac{1}{2} s} = \int \frac{2p \sin \frac{1}{2} s \cos \frac{1}{2} s \, ds}{4 \cos^2 \frac{1}{2} s} = \int \frac{p \sin (\frac{1}{2} s) \cdot \frac{1}{2} ds}{\cos (\frac{1}{2} s)} = -p \, l \left(\cos \frac{1}{2} s \right) + C.$$

La constante doit être nulle, puisque l'intégrale doit l'être lorsque $s = 0$, et qu'alors le premier terme $p \, l \left(\cos \frac{1}{2} s \right)$ devient égal à zéro. Donc la mesure de l'effet utile est

$$-p \, l \left(\cos \frac{1}{2} s \right).$$

C'est de cette quantité qu'il faut chercher la valeur *maxima* en supposant constante la surface a^2 du réflecteur.

Nous avons

$$a^2 = \frac{\pi}{6p} (p^2 + 4y^2)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{6} \pi p^2;$$

et

$$y = \frac{1}{2} p \frac{\sin \frac{1}{2} s}{\cos \frac{1}{2} s},$$

et par conséquent

$$y^2 = \frac{1}{4} p^2 \frac{\sin^2 \frac{1}{2} s}{\cos^2 \frac{1}{2} s}.$$

Substituant, on a :

$$\left(p^2 + p^2 \cdot \frac{\sin^2 \frac{1}{2} s}{\cos^2 \frac{1}{2} s} \right)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{6} \pi p^2 = \frac{\pi}{6p} \cdot p^3 \left(\frac{\cos^2 \frac{1}{2} s + \sin^2 \frac{1}{2} s}{\cos^2 \frac{1}{2} s} \right)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{6} \pi p^2 = \frac{\pi p^2}{6} \left(\frac{1}{\cos^2 \frac{1}{2} s} - 1 \right);$$

ou

$$p^2 = \frac{6a^2}{\pi} \left(\frac{1}{\frac{1}{\cos^2 \frac{1}{2} s} - 1} \right).$$

(1) $\cos s = \cos^2 \frac{1}{2} s - \sin^2 \frac{1}{2} s = 2 \cos^2 \frac{1}{2} s - 1$; donc $1 + \cos s = 2 \cos^2 \frac{1}{2} s$.
[note marginale.]

$$\frac{1}{\cos \frac{1}{2} s} = x;$$

j'ai

$$p^2 = \frac{6a^2}{\pi} \left(\frac{1}{x^3 - 1} \right);$$

l'expression de l'effet utile devient

$$-p l \left(\frac{1}{x} \right) \quad \text{ou} \quad p l(x).$$

Pour chercher le maximum de cette quantité, c'est chercher le maximum de son carré $p^2 l^2(x)$. Pour cela il faut d'abord substituer, à la place de p , sa valeur

$$\frac{6a^2}{\pi} \left(\frac{1}{x^3 - 1} \right);$$

ce qui donne

$$\frac{6a^2}{\pi} \cdot \frac{l^2 x}{x^3 - 1}.$$

En supprimant le facteur constant $\frac{6a^2}{\pi}$, on a $\frac{l^2 x}{x^3 - 1}$, dont il faut maintenant égaliser à zéro le coefficient différentiel, ce qui donne :

$$0 = \frac{2lx \cdot \frac{1}{x} (x^3 - 1) - l^2 x \cdot 3x^2}{(x^3 - 1)^2},$$

en divisant tout par $\frac{l^2 x}{(x^3 - 1)^2}$,

$$0 = \frac{2(x^3 - 1)}{x} - 3x^2 l x,$$

$$0 = \frac{2(x^3 - 1)}{x} - x^2 l(x^3);$$

$$l(x^3) = \frac{2(x^3 - 1)}{x^3}.$$

$$\ln z = \frac{2(z-1)}{z}, \quad \text{ou} \quad \ln z = 2 - \frac{2}{z},$$

pour l'équation qui doit servir à déterminer le maximum et le minimum de l'effet utile. On peut la mettre sous la forme

$$1 = \frac{1}{z} + \frac{1}{2} \ln z,$$

qui est celle sous laquelle j'ai reconnu, en consultant les tables, que la valeur de z approchait beaucoup de 5.

1 satisfait aussi à l'équation, mais correspond évidemment à un minimum de l'effet utile.

Soit n la valeur approchée de z , et δ la petite quantité qu'il faut ajouter pour avoir la valeur exacte de z ; nous aurons $z = n + \delta$. Or, en mettant en nombres l'équation logarithmique

$$\ln z = \frac{2(z-1)}{z},$$

on a

$$z = e^{\frac{2(z-1)}{z}} = e^{2 - \frac{2}{z}} = e^2 \cdot e^{-\frac{2}{z}}.$$

Or

$$-\frac{2}{z} = -\frac{2}{n+\delta} = -2 \left(\frac{1}{n} - \frac{\delta}{n^2} + \text{etc.} \right)$$

Comme δ est supposé très-petit, on peut s'arrêter à sa première puissance dans une première approximation, ce qui donne :

$$-\frac{2}{z} = -\frac{2}{n} + \frac{2\delta}{n^2};$$

par conséquent

$$e^{-\frac{2}{z}} = e^{-\frac{2}{n} + \frac{2\delta}{n^2}} = e^{-\frac{2}{n}} \cdot e^{\frac{2\delta}{n^2}},$$

^(a) Il y a ici une erreur de signe qui explique l'inexactitude du résultat final. (Voyez la note de la page 45.)

$$z = e^{\frac{2}{n}} \cdot e^{-\frac{2}{n}} \cdot e^{-\frac{2\delta}{n^2}};$$

on a, en général,

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \text{etc.}$$

conséquent,

$$e^{-\frac{2\delta}{n^2}} = 1 - \frac{2\delta}{n^2},$$

réduisant à la première puissance de δ . Substituant dans l'équation,

ou

$$n + \delta = e^{\frac{2}{n}} \left(1 - \frac{2\delta}{n^2} \right) = e^{\frac{2n-2}{n}} - \frac{2\delta \cdot e^{\frac{2n-2}{n}}}{n^2};$$

$$\left(1 + \frac{2e^{\frac{2n-2}{n}}}{n^2} \right) = e^{\frac{2n-2}{n}} - n; \quad \delta = \frac{e^{\frac{2n-2}{n}} - n}{1 + \frac{2e^{\frac{2n-2}{n}}}{n^2}} = n^2 \cdot \frac{e^{\frac{2n-2}{n}} - n}{2e^{\frac{2n-2}{n}} + n^2}.$$

substituant, à la place de n , 5, première valeur approchée, on a, la première valeur de δ ,

$$\delta = 25 \cdot \frac{e^{\frac{8}{5}} - 5}{2e^{\frac{8}{5}} + 25}.$$

$$e = 2,71828.$$

insi, pour seconde valeur approchée de z , 4,96636. Substituant, j'ai trouvé ensuite, pour seconde valeur de δ , $-0,019096$, et par conséquent, pour troisième valeur approchée de z , 4,9473.

On voit que la formule ne conduit pas à un résultat exact aussi promptement qu'on serait d'abord tenté de le croire. Il y a sans doute quelque erreur dans le calcul de cette formule ^(a).

CALCUL D'UNE NOUVELLE FORMULE D'APPROXIMATION POUR RÉSOUDRE L'ÉQUATION

$$1z = 2 - \frac{2}{z}.$$

Je fais $z = \frac{1}{v}$, $v = \frac{1}{z}$.

$$1\frac{1}{v}, \quad \text{ou} \quad -1v = 2 - 2v, \quad \text{ou} \quad 1v = 2v - 2.$$

Prenant les nombres

$$v = e^{2v-2} = \frac{e^{2v}}{e^2} \quad \text{ou} \quad ve'' = e^{2v};$$

posant $v = n + \delta$, on a

$$ne^2 + \delta e^2 = e^{2n+2\delta} = e^{2n} \cdot e^{2\delta};$$

^(a) Nous venons d'indiquer l'origine de cette erreur. Elle provient de ce que le signe $-$ a été mis pour le signe $+$ au second terme de l'équation $-\frac{2}{z} = -\frac{2}{n} + \frac{2\delta}{n^2}$. En reprenant le calcul avec cette correction nous avons trouvé $v = 107^\circ 59' 18''$, au lieu de $107^\circ 59' 4''$. Valeur à laquelle l'auteur arrive par le calcul suivant.

donc

$$ne^2 + \delta e^2 = e^{2n} + \delta \cdot 2e^{2n}, \quad \text{ou} \quad \delta(e^2 - 2e^{2n}) = e^{2n} - ne^2;$$

$$\delta = \frac{e^{2n} - ne^2}{e^2 - 2e^{2n}} = \frac{e^{2n-2} - n}{1 - 2e^{2n-2}} = \frac{n - e^{2n-2}}{2e^{2n-2} - 1}.$$

$$1v = 2v - 2; \quad v = n + \delta; \quad \delta = \frac{n - e^{2n-2}}{2e^{2n-2} - 1} = \frac{ne^{2-2n} - 1}{2 - e^2 - 2n}.$$

$$\text{Mais d'abord } n = \frac{1}{5}; \quad 2n = \frac{2}{5}, \quad \text{et } 2 - 2n = \frac{8}{5};$$

$$\delta = \frac{\frac{1}{5}e^{\frac{8}{5}} - 1}{2 - e^{\frac{8}{5}}} = \frac{e^{\frac{8}{5}} - 5}{10 - 5e^{\frac{8}{5}}} = + \frac{0,04697}{14,76515} = 0,00318114;$$

$$n' = 0,20318114.$$

$$v = n' + \delta'; \quad n' = 0,20318; \quad 2n' = 0,40636;$$

$$2 - 2n' = 1,59364.$$

on trouve alors

$$\delta' = \frac{0,0000294}{2,92163} = + 0,0000100629.$$

Le dénominateur du numérateur n'ayant été poussé que jusqu'au troisième chiffre significatif de δ' , il est inutile d'en prendre plus de quatre dans le numérateur, qui est ainsi 0,00001006, et par conséquent celle de n'' est $0,20318 + 0,00001006 = 0,20319006$, valeur très-apprôchée de v , à laquelle on peut s'arrêter.

On a donc par hypothèse

$$z = \frac{1}{v}, \quad x^3 = z, \quad \text{et enfin} \quad \frac{1}{\cos \frac{1}{2} s} = x.$$

Par conséquent

$$\cos \frac{1}{2} s = \frac{1}{x} = \frac{1}{\sqrt[3]{z}} = \sqrt[3]{v}.$$

Il faut donc extraire la racine cubique du nombre que nous venons de trouver, pour avoir $\cos \frac{1}{2} s$, ce qui donne pour son logarithme 0,7693008, qui répond à un arc de $53^{\circ} 59' 32''$; par conséquent la valeur de s qui correspond au maximum de l'effet utile est $107^{\circ} 59' 4''$.

CALCUL COMPARATIF DE L'EFFET ÚTILE POUR LES VALEURS SUIVANTES DE s :

$$90^{\circ}, \quad 107^{\circ} 59' 4'' \quad \text{et} \quad 120^{\circ}.$$

La mesure de l'effet utile est $\frac{l^2 x}{x^3 - 1}$, dans laquelle expression x représente $\frac{1}{\cos \frac{1}{2} s}$, et x^3 par conséquent $\frac{1}{\cos^3 \frac{1}{2} s}$.

Supposons d'abord $s = 107^{\circ} 59' 4''$; $\frac{1}{2} s = 53^{\circ} 59' 32''$:

$$l \cos^3 \frac{1}{2} s = 1,3079024,$$

et par conséquent

$$lx^3 = 0,6920976, \quad \text{qui répond à } 4,921501 = x^3;$$

donc

$$x^3 - 1 = 3,9215.$$

A la place de $l^2 x$ nous prendrons $\log^2 x$, qui n'en diffère que par le facteur constant $\log^2 e$ ^(a):

$$\log \cos \frac{1}{2} s = 1,7693008;$$

donc

$$\log x = 0,2306992;$$

^(a) L'auteur a bâtonné sur son carnet les mots suivants :

En changeant le logarithme népérien en logarithme tabulaire par la formule $\log x = \log e.lx$.

$$\log 0,2306992 = \bar{1},3630461,$$

par conséquent

$$2 \log. \log x = \bar{2},7260922;$$

et il faut retrancher

$$\log(x^3 - 1) \text{ ou } \log 3,9215, \text{ qui est } 0,5934522;$$

qui donne

$$\bar{2},1326400, \text{ qui répond à } 0,0135719.$$

ainsi la valeur *maxima* de l'effet utile est représentée par 0,0135719.

$$\text{effet utile} = \frac{\log^3 x}{x^3 - 1}; \quad x = \frac{1}{\cos \frac{1}{2}s}.$$

supposons maintenant

$$s = 90^\circ; \quad \frac{1}{2}s = 45^\circ; \quad \cos \frac{1}{2}s = \sqrt{\frac{1}{2}};$$

par conséquent

$$x = \sqrt{2}; \quad x^3 = 2\sqrt{2}.$$

l'effet utile est alors représenté par

$$\frac{\log^3 \sqrt{2}}{2\sqrt{2} - 1},$$

est égal à

$$\frac{(0,150515)^3}{1,82843} = 0,0123903.$$

la valeur *maxima* de l'effet utile 0,0135719 est plus forte d'en-

$$\frac{1}{10}.$$

$$s = 120^{\circ}; \quad \frac{1}{2}s = 60^{\circ}; \quad \cos \frac{1}{2}s = \cos 60^{\circ} = \frac{1}{2}; \quad x = \frac{1}{\cos \frac{1}{2}s} = 2.$$

si l'effet utile est égal à

$$\frac{\log^2 2}{2^2 - 1} = \frac{\log^2 2}{7} = \frac{(0,30103)^2}{7} = 0,0129456.$$

La valeur *maxima* n'excède guère celle-ci que de $\frac{1}{20}$.

1 ^{er} problème.....	$s = 107^{\circ} 59' 4''$
2 ^e problème.....	$s = 126 \quad 24 \quad 52$
	<hr/>
	$234^{\circ} 23' 56''$
	<hr/>
Moyenne.....	$117^{\circ} 11' 58''$ ou $117^{\circ} 12'.$

2^e PROBLÈME.

Déterminer la profondeur la plus avantageuse d'un réflecteur dont l'ouverture est donnée.

Nous avons trouvé, pour l'expression générale de l'effet utile,

$$-p \, l \left(\cos \frac{1}{2}s \right),$$

pour la valeur de y en fonction de s ,

$$y = \frac{1}{2} \frac{p \sin \frac{1}{2}s}{\cos \frac{1}{2}s}.$$

On représente par λ le diamètre constant de l'ouverture du paraboloïde, on aura

$$\lambda = \frac{p \sin \frac{1}{2}s}{\cos \frac{1}{2}s};$$

$$p = \frac{\lambda \cdot \cos \frac{1}{2}s}{\sin \frac{1}{2}s};$$

substituant dans la valeur de l'effet utile, elle devient

$$- \frac{\lambda \cdot \cos \frac{1}{2}s}{\sin \frac{1}{2}s} \cdot l \left(\cos \frac{1}{2}s \right);$$

supprimant le facteur constant λ ,

$$- \cot \frac{1}{2}s \cdot l \left(\cos \frac{1}{2}s \right).$$

Pour avoir l'équation qui donne les valeurs de s qui correspondent *maxima* et aux *minima*, il faut égaier à zéro le coefficient différentiel de cette expression :

$$0 = \frac{\frac{1}{2}}{\sin^2 \frac{1}{2}s} \cdot l \left(\cos \frac{1}{2}s \right) + \frac{\frac{1}{2} \cot \frac{1}{2}s \sin \frac{1}{2}s}{\cos \frac{1}{2}s},$$

$$0 = \frac{l(\cos \frac{1}{2}s)}{\sin^2 \frac{1}{2}s} + 1;$$

$$-l \left(\cos \frac{1}{2}s \right) = \sin^2 \frac{1}{2}s,$$

$$-l \left(\cos \frac{1}{2}s \right) = 1 - \cos^2 \frac{1}{2}s;$$

enfin, en représentant $\cos \frac{1}{2}s$ par z , on a :

$$-lz = 1 - z^2,$$

en mettant en nombres,

$$z = e^{z^2 - 1}.$$

Je fais $z = n + \delta$, n étant une valeur approchée de z , et j'ai :

$$n + \delta = e^{(n+\delta)^2 - 1}; \quad (n + \delta)^2 = n^2 + 2n\delta + \delta^2;$$

on peut négliger δ^2 , δ étant supposé très-petit, ce qui fait

$$(n + \delta)^2 = n^2 + 2n\delta.$$

$$n + \delta = e^{n^2-1+2n\delta}; \quad \text{ou} \quad n + \delta = e^{n^2-1} \cdot e^{2n\delta};$$

mais $e^{2n\delta} = 1 + 2n\delta$, en négligeant les puissances supérieures de δ ;
on a donc :

$$n + \delta = e^{n^2-1} (1 + 2n\delta) = e^{n^2-1} + e^{n^2-1} \cdot 2n\delta;$$

$$\delta = \frac{e^{n^2-1} - n}{1 - 2ne^{n^2-1}}; \quad \text{ou} \quad \delta = \frac{1 - ne^{1-n^2}}{e^{1-n^2} - 2n}.$$

J'ai trouvé, pour première valeur très-approchée de z :

$$n = 0,45; \quad 1 - n^2 = 0,7975; \quad e = 2,71828.$$

Substituant, on a, pour première valeur de δ ,

$$\delta = \frac{0,001008}{1,31998} = 0,00076365,$$

par conséquent

$$z = 0,45076365 = \cos \frac{1}{2}s;$$

Le logarithme est 9,6539484, qui correspond à $63^\circ 12' 26''$. Telle
est la valeur de $\frac{1}{2}s$ correspondant au maximum d'effet utile, et par
conséquent celle de s est

$$s = 126^\circ 24' 52''.$$

Supposons d'abord

$$s = 120^\circ; \quad \frac{1}{2}s = 60^\circ; \quad \cos \frac{1}{2}s = \frac{1}{2}.$$

L'expression de l'effet utile est

$$= \cot \frac{1}{2}s \cdot l(\cos \frac{1}{2}s);$$

$$\cot \frac{1}{2}s = \sqrt{\frac{1}{3}}.$$

$$-\sqrt{\frac{1}{3}} \cdot \log \frac{1}{2},$$

stituait les logarithmes ordinaires aux logarithmes népériens
 e sont proportionnels, ce qui donne :

$$0,17380.$$

posons

$$s = 135^\circ; \quad \frac{1}{2}s = 67^\circ 30'.$$

stituait dans l'expression

$$-\cot \frac{1}{2}s \cdot \log \left(\cos \frac{1}{2}s \right),$$

ve

$$0,172793.$$

le cas du maximum on a :

$$\frac{1}{2}s = 63^\circ 12' 26'' \quad \text{et} \quad \log \cos \frac{1}{2}s = -0,3460516,$$

stituait dans l'expression •

$$-\cot \frac{1}{2}s \cdot \log \left(\cos \frac{1}{2}s \right),$$

ve

$$0,174749$$

la valeur *maxima* de l'effet utile.

voit qu'elle ne diffère guère que de $\frac{1}{2}\%$ de celle qui répond à
 0°; en sorte que, dans la pratique, il faudrait peut-être préférer
 valeur de s , qui donnerait un réflecteur d'une profondeur et
 surface sensiblement moindres, et produirait à très-peu près le
 effet.

pour $z = 1$; mais cette valeur de z ou de $\cos \frac{1}{2} s$, qui donnerait $s = 0$, par conséquent une profondeur indéfinie pour le réflecteur, répond à un minimum de l'expression $-\cot \frac{1}{2} s \cdot l(\cos \frac{1}{2} s)$, comme on pourrait se convaincre en calculant ses coefficients différentiels. On trouve d'abord, pour le coefficient différentiel du 1^{er} ordre,

$$\frac{1}{2} \frac{l(\cos \frac{1}{2} s)}{\sin^2 \frac{1}{2} s} + \frac{1}{2},$$

en différentiant une seconde fois :

$$-\frac{1}{4} \frac{1}{\cos \frac{1}{2} s \sin \frac{1}{2} s} - \frac{1}{4} \frac{\cos \frac{1}{2} s \cdot l(\cos \frac{1}{2} s)}{\sin^3 \frac{1}{2} s};$$

mais, d'après l'équation des *maxima* et *minima*, on a :

$$\frac{l(\cos \frac{1}{2} s)}{\sin^2 \frac{1}{2} s} = -1.$$

Substituant, on trouve

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \frac{1}{\cos \frac{1}{2} s \sin \frac{1}{2} s} + \frac{1}{4} \frac{\cos \frac{1}{2} s}{\sin \frac{1}{2} s} &= \frac{1}{4} \left(\frac{\cos^2 \frac{1}{2} s - 1}{\sin \frac{1}{2} s \cos \frac{1}{2} s} \right) = -\frac{1}{4} \frac{\sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin \frac{1}{2} s \cos \frac{1}{2} s} = -\frac{1}{4} \frac{\sin \frac{1}{2} s}{\cos \frac{1}{2} s} \\ &= -\frac{1}{4} \tan \frac{1}{2} s, \end{aligned}$$

quantité négative, lorsque $\frac{1}{2} s = 63^\circ 12' 26''$.

Ainsi cette valeur correspond à un maximum, comme nous nous en sommes déjà assuré par des calculs numériques.

Mais quand $s = 0$, $\tan \frac{1}{2} s$ devient aussi zéro, et le coefficient différentiel du 2^e ordre étant nul, cette valeur de s ne répondrait plus à un minimum, analytiquement parlant, à moins que le coefficient différentiel du 3^e ordre ne fût aussi égal à zéro.

Sans suivre ces calculs, qui sont un peu longs, on peut reconnaître que l'expression $-\cot \frac{1}{2} s \cdot l(\cos \frac{1}{2} s)$ de l'effet utile devient nulle quand $s = 0$.

$$-\frac{\cos \frac{1}{2}s.l(\cos \frac{1}{2}s)}{\sin \frac{1}{2}s},$$

dont le numérateur et le dénominateur deviennent égaux à 1 quand $s=0$. Pour en déterminer la valeur répondant à $s=0$, il faut éliminer ses deux termes, ce qui donne :

$$\frac{\frac{1}{2}\sin \frac{1}{2}s.l(\cos \frac{1}{2}s)+\frac{1}{2}\cos \frac{1}{2}s.\frac{\sin \frac{1}{2}s}{\cos \frac{1}{2}s}}{\frac{1}{2}\cos \frac{1}{2}s} = + \frac{\sin \frac{1}{2}s.l(\cos \frac{1}{2}s)+\sin \frac{1}{2}s}{\cos \frac{1}{2}s};$$

qui devient $\frac{0}{1}$, ou 0, lorsqu'on y fait $s=0$. Ainsi l'effet est alors nul.

CALCUL DE L'EFFET UTILE EXPRIMÉ PAR

$$-\cot \frac{1}{2}s.\log \left(\cos \frac{1}{2}s \right),$$

HYPOTHÈSE OÙ L'OUVERTURE DU RÉFLECTEUR EST CONSTANTE POUR LA VALEUR

$$\frac{1}{2}s = 53^{\circ} 59' 32'',$$

RÉPONDANT AU MAXIMUM, LORSQUE C'EST LA SURFACE DU RÉFLECTEUR

QU'ON SUPPOSE CONSTANTE.

$$\left(\cos \frac{1}{2}s \right) = -0,2306992... \log + = 1,3630461$$

$$\log \cot \frac{1}{2}s = 1,8613851$$

$$\underline{1,2244312} = \log 0,16766$$

$$\text{Le maximum est} \dots\dots\dots \underline{0,17475}$$

$$\text{Différence} \dots\dots - \underline{0,00709}$$

lire environ $\frac{1}{25}$.

$$s = 90^\circ, \quad \frac{1}{2}s = 45^\circ, \quad \cot \frac{1}{2}s = 1, \quad \cos \frac{1}{2}s = \sqrt{\frac{1}{2}}, \\ -\cot \frac{1}{2}s \cdot \log \left(\cos \frac{1}{2}s \right) = -\log \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,150515.$$

On voit que l'expression de l'effet utile va toujours en diminuant à mesure que le réflecteur a moins de profondeur.

En représentant toujours par λ le diamètre de l'ouverture du réflecteur, on a pour l'expression de sa surface :

$$\frac{1}{6} \pi \lambda^2 \left(\frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2}s \cos \frac{1}{2}s} - \cot^2 \frac{1}{2}s \right).$$

Ainsi, en supprimant le facteur constant $\frac{1}{6} \pi \lambda^2$, on a, pour la quantité laquelle elle est proportionnelle, et qui peut servir à la représenter,

$$\frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2}s \cos \frac{1}{2}s} - \cot^2 \frac{1}{2}s, \quad \text{ou} \quad \frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2}s \cos \frac{1}{2}s} - \frac{\cos^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \frac{1}{2}s}.$$

Dans le cas du maximum,

$$\frac{1}{2}s = 63^\circ 12' 26'',$$

$$\log \cos \frac{1}{2}s = 1,6539484, \quad \text{et} \quad \log \sin \frac{1}{2}s = 1,9506777.$$

$$\frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2}s \cos \frac{1}{2}s} = 2,7842$$

$$\frac{\cos^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \frac{1}{2}s} = 0,2550$$

$$\text{Surface} \dots \dots = \underline{\underline{2,5292}}$$

valeur répondant au maximum de l'effet utile.

$$\frac{1}{\sin^2 \frac{1}{2} s \cos \frac{1}{2} s} = 2,5994$$

$$\frac{\cos^2 \frac{1}{2} s}{\sin^2 \frac{1}{2} s} = 0,5282$$

$$\text{Surface} \dots\dots\dots = 2,0712$$

$$2,5292$$

$$\text{Différence} \dots\dots\dots \underline{0,4580}$$

esque $\frac{1}{5}$ d'économie dans la surface.

$$p = \lambda \cot \frac{1}{2} s; \quad x = \frac{1}{4} \lambda \tan \frac{1}{2} s.$$

$$\frac{1}{2} s = 63^{\circ} 12' 26'' \dots\dots \tan \frac{1}{2} s = 1,9803$$

$$\frac{1}{2} s = 53^{\circ} 59' 32'' \dots\dots \tan \frac{1}{2} s = 1,3760$$

$$\text{Différence} \dots\dots\dots \underline{0,6043}$$

us petite des deux profondeurs n'est guère que les $\frac{2}{3}$ de la plus
et la plus petite n'occasionne qu'une perte de $\frac{1}{26}$ dans l'effet
flexion utile, en produisant une économie de $\frac{1}{5}$ sur la surface
cteur.

NOTE

SUR LA COMPARAISON DES PETITS ET DES GRANDS RÉFLECTEURS.

Puisque le produit utile de la réflexion est proportionnel à la distance de l'objet éclairant à la surface du miroir parabolique, il s'ensuit que, dans deux réflecteurs semblables, mais dont l'un a un paramètre double de l'autre par exemple, le plus grand utilise deux fois plus la lumière que l'autre. Il est clair que cette proportion ne doit pas être poussée très-loin, vu que, en augmentant trop les dimensions d'un réflecteur, on finirait par concentrer presque tous les rayons dans un plan horizontal, et l'on n'aurait plus assez de rayons plongeants. Mais dans la comparaison qu'il s'agit d'établir entre les réflecteurs anglais et les grands réflecteurs de 30 pouces ^(a), nous pouvons considérer l'effet utile de la lumière comme proportionnel au rayon vecteur, vu que les grands réflecteurs de 30 pouces donnent encore assez de feux plongeants.

Cela posé, si l'on voulait produire avec des réflecteurs de dimensions moitié moindres, par exemple, le même effet utile qu'avec deux réflecteurs de 30 pouces, il faudrait en employer quatre, dont la surface totale ne serait, à la vérité, que moitié de la somme des deux surfaces des grands réflecteurs.

Supposons que le prix des réflecteurs soit proportionnel à leur sur-

^(a) Il s'agit ici de la comparaison entre un réflecteur anglais *plaqué*, ayant 522 millimètres d'ouverture et 217 millimètres de profondeur, avec un réflecteur *argenté* de Lenoir, 837^{mm},5 d'ouverture et de 331 millimètres de profondeur.

grands), alors les deux grands réflecteurs coûtant 2,000 francs, les quatre petits ne coûteront que 1,000 francs. Or l'intérêt de 1,000 francs à 10 pour 100 est 100 francs. Mais, d'un autre côté, les quatre petits réflecteurs nécessiteront la dépense en huile de quatre becs, tandis que les deux grands réflecteurs seront éclairés par deux becs : ainsi les quatre petits réflecteurs dépenseront de plus en huile de maintenir deux becs. M. Clément estime à 78 francs environ la dépense annuelle d'un bec ordinaire de quinquet qui brûle chaque nuit pendant quatre heures et demie : les nuits moyennes étant de 4 heures, la dépense annuelle d'un bec, dans un phare, doit être de 312 francs, et la dépense de deux becs, par conséquent, de 624 francs. On verra l'excédant annuel de la dépense des quatre petits réflecteurs sur les deux grands.

On nous venons de voir que l'économie de leur établissement ne vaut pas l'intérêt annuel de 100 francs. Ainsi, sous le rapport de l'économie, le système des grands réflecteurs est très-supérieur à celui des petits réflecteurs.

Il est à remarquer, à l'avantage des petits réflecteurs, qu'ils occupent deux fois moins de place et qu'ils pèsent deux fois moins.

On verra la préférence que l'on accordera à l'un des deux systèmes dépendre de l'importance qu'on attachera, soit à l'économie, soit à la possibilité de placer une plus grande quantité de réflecteurs dans une tour ou de phare de dimensions données.

Si l'on applique aux réflecteurs des *becs doubles* semblables à celui que nous avons essayé^(a), et qui produit presque l'effet de cinq becs ordinaires, le nombre des réflecteurs nécessaires pour produire les mêmes effets étant alors très-borné, il est clair qu'on devra pré-

Le premier essai fait à l'Observatoire d'un *bec à deux mèches concentriques* date du mois de mai 1819, ce qui donnerait lieu de penser que la rédaction de la présente Note est antérieure à la fin de 1819 ou au commencement de 1820.

spèce de becs les dimensions de l'objet éclairant sont augmentées ^(a).

^(a) Cette Note, extraite, avec les cinq précédentes, d'un ancien carnet de Fresnel (comme nous l'avons dit plus haut), offre le résultat de ses premières études sur une question qui avait pas encore été traitée à fond. On remarquera qu'il ne compare ici les *petits* et les *grands réflecteurs paraboliques* qu'au point de vue de la composition des appareils de *phares tournants*, et qu'il ne s'occupe pas des appareils catoptriques *à feu fixe*. Il est évident que, pour ces derniers, les réflecteurs de médiocre dimension doivent être préférés, comme pouvant être installés en plus grand nombre dans une lanterne de dimensions données et se répartition ainsi à une répartition moins inégale de la lumière à projeter sur l'horizon. Au surplus, le système *lenticulaire* allait bientôt fournir les moyens de satisfaire complètement à cette condition essentielle des appareils *à feu fixe*, qui, dans le système *catoptrique*, présente un problème pratiquement insoluble pour les phares à grande portée.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SGANZIN.

Paris, ce mardi 11 avril 1820.

Monsieur,

M. Gambey désirerait être chargé de la construction de vingt réflecteurs ^(a) semblables au réflecteur anglais ^(b); et ce n'est même qu'à cette condition qu'il s'engagerait dans cette entreprise, à cause des dépenses premières assez considérables qu'elle nécessite. Bien entendu que le gouvernement ne s'obligerait à en faire l'acquisition qu'autant que les réflecteurs en plaqué de M. Gambey seraient d'un poli aussi parfait que le réflecteur anglais.

Je ne crois pas ce nombre de réflecteurs trop considérable, soit pour un phare à feux tournants, soit pour un phare à feu fixe, dans lequel il faut évidemment beaucoup plus de réflecteurs que dans le premier, pour que son feu ait dans tous les sens autant de portée que le feu tournant. Ces vingt réflecteurs exigeraient, à la vérité, vingt becs de lampe; mais il n'y aurait point là une consommation extraordinaire en huile, puisque le système que nous venons d'essayer sur l'arc de triomphe de l'Étoile portera vingt-quatre becs, c'est-à-dire quatre de plus ^(c). Quant au prix des vingt réflecteurs de M. Gambey, il sera de 12,000 francs, il n'excédera pas beaucoup celui du phare de M. Bordier-Marcet; et je présume qu'ils produiront un plus bel

^(a) Fresnel s'était adressé au célèbre opticien Gambey pour obtenir des réverbères paraboliques exécutés avec toute la perfection possible; mais les négociations entamées à ce sujet se prolongèrent, sans aboutir, jusqu'à une époque où la supériorité du système lenticulaire, pleinement constatée par l'expérience, dut les faire définitivement abandonner.

^(b) Voyez la note (a) de la page 57.

^(c) Il s'agit d'un appareil composé de douze grands réverbères à double effet de Bordier-Marcet.

être en plaqué au lieu d'être simplement argentés.

Si vous jugez qu'on puisse commander vingt réflecteurs à M. Gambey, il serait à désirer que vous en fissiez la proposition à M. le directeur général le plus tôt possible, parce que M. Gambey ne pourra présenter son premier réflecteur à la Commission qu'un mois après avoir reçu l'autorisation qu'il demande.

Il a trouvé le moyen de construire de pièces et de morceaux des réflecteurs d'aussi grande dimension qu'on pourra le désirer, en servant toujours de cuivre plaqué ; ce qui permettra d'économiser davantage la lumière dans les autres phares qu'on lui commandera ; car on tire toujours un parti d'autant plus grand de la même lumière, qu'on augmente davantage les dimensions du réflecteur au foyer duquel elle est placée. Bien entendu cependant qu'il ne faut pas dépasser une certaine limite relativement aux dimensions de l'objet éclairant, parce qu'on n'aurait plus alors assez de feux plongeants.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

N° IV (D).

NOTE

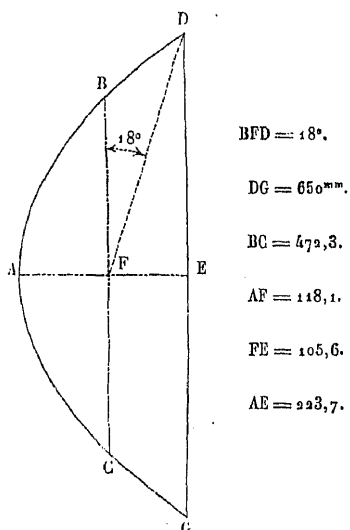
ADRESSÉE

PAR A. FRESNEL À M. GAMBEY,

INGÉNIEUR-OPTICIEN,

POUR LA CONSTRUCTION D'UN RÉFLECTEUR PARABOLIQUE ^(*).

Sur la surface d'un réflecteur parabolique DBACG étant donnée, j'ai par le calcul que, pour qu'il produisît le plus grand effet utile,



que l'angle BFD, que les rayons extrêmes font avec le para-
mètre de 18 degrés.

z la première annotation sur le fragment (A).

millimètres, il en résulte que le paramètre BC doit avoir $472^{\text{mm}},3$ de longueur; que la distance AF, du fond du miroir au foyer, doit être $118^{\text{mm}},1$; celle FE, du foyer au plan de l'ouverture, de $105^{\text{mm}},6$, par conséquent, la profondeur totale du miroir doit être de $223^{\text{mm}},7$. Il résulte de ces dimensions du réflecteur que sa surface, supposée développée sur un plan, aurait $0,4582$ en mètres carrés.

Paris, le 19 avril 1820.

A. FRESNEL.

MÉMOIRE

SUR

L'ÉCLAIRAGE DES PHARES ^(a).

[*Fragment*... 1820.]

1. Je m'occuperai d'abord des phares à feux tournants, comme les plus intéressants, parce que c'est dans ce système d'éclairage, imaginé par M. Teulère ^(b), qu'on peut obtenir le plus aisément de grands effets de lumière.

^(a) Mémoire sans date et non terminé, qui devait comprendre deux parties principales, l'une relative aux *feux tournants* et l'autre aux *feux fixes*. Nous n'avons trouvé dans les papiers d'Augustin Fresnel que la première, et l'état du manuscrit autographe donne tout lieu de présumer que la seconde n'a pas été rédigée.

Ce fragment, n'ayant pour objet que les appareils catoptriques, semblerait devoir figurer en tête de la section des phares. Mais, en nous reportant à la première note du N° IV (A), nous ferons remarquer :

1° Que la critique que fait ici notre auteur des réverbères à double effet de Bordier et Orcet paraît postérieure à la rédaction du N° II (B), où ils sont comparés théoriquement aux réflecteurs paraboliques ordinaires;

2° Qu'au paragraphe 12 ci-après il est question de « la fabrication des réflecteurs en cuillères de cuivre plaqué, qu'entreprend M. Gambey, à l'instar des Anglais; »

3° Qu'une note adressée par Fresnel à Gambey, au sujet de cette même commande, et reproduite sous le N° IV (D), est datée du 19 avril 1820.

De tous ces rapprochements il résulte que le présent fragment doit être rapporté au commencement de cette même année 1820.

^(b) Voyez, sur la question de priorité dans l'invention des phares à *feux tournants*, la note (a) de la page 32.

On doit distinguer deux choses dans la sensation de lumière produisent sur l'observateur : sa vivacité et sa durée, ou, plus simplement, le rapport de la durée de l'éclat à la durée de l'éclipse qui succède; car on conçoit aisément qu'on pourrait toujours ralentir assez le mouvement de rotation pour prolonger l'éclat aussi longtemps qu'on voudrait, mais qu'il en résulterait nécessairement un accroissement proportionnel dans la durée de l'éclipse. Plus l'éclat est long par rapport à l'éclipse, plus il y a de chances pour que le navigateur l'aperçoive, et seulement de ce rapport que dépendent ces chances; car lorsqu'on accélère le mouvement de rotation, si d'une part les éclats passent plus vite, en revanche ils se succèdent plus rapidement, et précisément dans le même rapport; en sorte qu'il y a autant de chances dans un mouvement rapide que dans un mouvement lent pour que le phare soit aperçu du navigateur.

Le résultat évident d'un calcul bien simple de probabilités nous donne donc la faculté de varier à volonté la durée des rotations dans les différents phares, ce qui est un des moyens les plus simples et les plus commodes de les distinguer.

La vivacité de la lumière est une qualité au moins aussi essentielle que la durée dans un feu tournant. Je crois même qu'on doit la placer au premier rang; car une lumière trop faible ne serait pas aperçue, quelle que fût la durée de l'éclat, tandis qu'une lumière vive pourrait être aperçue quoique passant avec une grande rapidité.

Il est nécessaire de fixer le degré d'importance relative qu'on doit attacher à chacune de ces deux qualités; car la quantité de lumière dont on peut disposer restant la même, je suppose, on n'augmente l'intensité de l'éclat qu'en diminuant sa durée, et l'on n'augmente sa durée qu'en diminuant sa vivacité.

Malheureusement il est difficile de décider jusqu'à quel point on doit sacrifier l'intensité à la durée, ou la durée à l'intensité.

Après avoir déterminé par l'observation le degré d'intensité qu'il faut donner à la lumière d'un phare pour qu'il soit aperçu à la distance que comporte sa hauteur, on saurait que toute augmentation d'éclat est inutile; et si l'on pouvait disposer d'une plus grande quantité de lumière, on l'emploierait uniquement à prolonger la vision, au lieu de rendre la sensation plus vive. Mais il n'en est pas ainsi; la transparence de l'air éprouve continuellement dans nos climats les plus grandes variations, et lorsque les brouillards sont un peu épais, la lumière la plus brillante les traverse difficilement; en sorte que, dans ce cas particulier, on devrait sacrifier entièrement la durée à la vivacité de l'éclat. Il faudrait donc placer tous les réflecteurs sur une même face, et tournant leurs axes dans des directions parallèles, ou, parce que la nécessité d'un contre-poids doublerait la charge de l'arbre de rotation, on ne faudrait les répartir du moins que sur deux faces diamétralement opposées, au lieu de les distribuer sur trois ou même quatre faces, comme on le fait ordinairement.

Mais il était naturel de ne pas établir la règle sur un cas particulier, et de préférer la distribution des réflecteurs qui était la plus avantageuse dans les circonstances les plus fréquentes. Ainsi, puisqu'on dispose assez généralement le système de huit grands réflecteurs de 30 ou 32 pouces d'ouverture sur les quatre faces d'un carré, en les réunissant deux à deux dans des directions parallèles, on doit présumer : 1° qu'il en faut deux pour produire une lumière assez intense, et qu'on doit rejeter la distribution de ces huit réflecteurs dans huit directions différentes, qui permettrait de doubler la durée des éclats; 2° que la lumière produite par deux grands réflecteurs accouplés est suffisante, et que ce serait sacrifier mal à propos la durée des éclats à leur vivacité que de réunir, par exemple, dans une même direction trois ou quatre de ces huit réflecteurs.

6. Néanmoins la variété des systèmes d'éclairage exécutés jette une grande incertitude sur les conséquences qu'on pourrait tirer de celui que je viens de citer. Ce n'est qu'en consultant les marins qui fréquen-

er la question. Ainsi, par exemple, s'ils se plaignent plus généralement du peu de durée des éclats d'un phare que de leur défaut de vivacité, on devra en conclure que c'est plutôt la première qualité que la seconde qu'il faut augmenter. Mais on aurait tort d'en tirer une conséquence générale pour tous les autres phares. La différence de leur objet n'apporte pas dans le système d'éclairage. Il en est qui sont destinés à éclairer de loin la route aux navigateurs, et pour ceux-là la qualité essentielle est la vivacité de la lumière. D'autres servent principalement au cabotage et n'ont pas besoin d'avoir des feux d'une grande intensité. Dans tous les cas, c'est toujours l'opinion des marins qui décide à adopter tel ou tel système d'éclairage pour chaque phare, à sacrifier tantôt la vivacité des éclats à leur durée, et tantôt leur durée à leur vivacité. Car, encore un coup, la quantité d'huile que l'on consomme, la quantité de lumière dont on peut disposer étant égales, c'est toujours aux dépens d'une de ces deux qualités qu'on est obligé d'augmenter l'autre.

Mais, dira-t-on, pourquoi ne pas augmenter la dépense d'huile, si l'il s'agit de remplir un but aussi important que l'éclairage d'un port ? Je demanderai, à mon tour, pourquoi l'on n'augmenterait pas le nombre des réflecteurs et enfin les dimensions de la lanterne destinée à les recevoir ; car ce sont aussi des moyens d'accroître l'efficacité de la lumière, et qui ne sont pas plus dispendieux que l'autre, comme nous le verrons bientôt. Je suis loin de penser que les dépenses que l'on a faites pour l'éclairage des différents phares de France soient proportionnées à leur utilité ; je crois au contraire qu'ils réclament des améliorations importantes, non-seulement par un meilleur emploi des fonds affectés à cet objet, mais encore par l'augmentation de ces fonds. Dans tous les cas on devra chercher à tirer le meilleur parti possible de la lumière dont on pourra disposer ; or le moyen de l'employer avec le plus d'économie est en général d'augmenter le nombre des réflecteurs, quand on augmente celui des becs de lampe, et de

car le calcul démontre que, l'intensité de la lumière de la flamme de la lampe restant la même, la vivacité de l'éclat doit être à peu près proportionnelle à la surface de l'ouverture, quel que soit d'ailleurs le volume de la flamme, qui n'influe que sur sa durée.

8. Pour appliquer ce principe à un exemple, je choisirai les réflecteurs à double parabole de M. Bordier-Marcet^(a). Ces réflecteurs portent deux becs de lampe placés au foyer de chacun des deux paraboloïdes. Il résulte, de cette disposition dans la direction de leur axe commun, un effet semblable à celui qu'aurait produit un seul de ces becs au foyer d'un paraboloïde unique d'une ouverture égale à celle du réflecteur de Bordier-Marcet, et, en outre, des feux obliques dans des directions assez éloignées de l'axe, quoique M. Bordier-Marcet ait rapproché le plus possible ses deux becs l'un de l'autre pour diminuer cette divergence. Il résulte de la trop grande étendue de l'angle embrassé par les feux obliques qu'ils sont très-faibles et ne peuvent prolonger la vision que pour des distances peu considérables. Ils ne peuvent donc guère servir à prolonger l'éclat, c'est-à-dire cette lumière vive qui a une grande portée. Pour qu'ils remplissent cet objet, il faudrait que l'excentricité de chaque flamme par rapport à l'autre foyer fût beaucoup moindre, qu'il y eût au moins continuité, c'est-à-dire que les flammes se touchassent. Par rapport à une partie du fond du réflecteur, elles présentent, à la vérité, cette continuité, puisque leurs rayons s'y projettent l'un à côté de l'autre; il y en a même une petite portion qui reçoit les rayons de l'une à travers l'autre, d'où résulterait pour cet endroit une augmentation d'intensité de l'objet éclairant. Mais comme cet endroit a peu d'étendue, cet avantage doit être à peu près compensé par l'accroissement des ombres portées résultant de l'addition d'un bec. Ainsi je crois que la vivacité de l'éclat n'en reçoit pas d'augmentation bien sensible; et les feux obliques qui succèdent à l'éclat, en raison de la petitesse de la portion du miroir qui les envoie, ne peuvent pas

^(a) Voir la figure de la page 17 du présent volume.

en prolonger beaucoup la durée, sans doute la consommation d'huile doublée, sans qu'il en résulte sans doute plus d'un sixième d'augmentation dans la durée de l'éclat. On obtient, à la vérité, des éclats obliques dans un angle assez étendu, mais qui ont peu de portée, comme nous l'avons dit, et cessent d'être aperçus à la distance de quelques lieues, ainsi qu'on s'en est assuré par les deux observations de M. Germain.

Supposons maintenant que, ayant doublé le nombre des becs, on ait doublé celui des réflecteurs, en leur donnant la forme ordinaire de paraboloïde unique, et ne plaçant qu'un bec dans chaque réflecteur : alors on tirera un parti bien plus avantageux de la dépense, relativement à la durée ou à la vivacité des éclats. Veut-on augmenter leur intensité, il suffira de tourner les nouveaux réflecteurs dans les mêmes directions que les groupes du premier système, auquel on ajoute. Préfère-t-on doubler leur durée, il faudra incliner leurs axes sur ceux des premiers d'un angle égal à celui du cône lumineux qui produit l'éclat, de sorte que l'éclat des uns succède immédiatement à celui des autres, ou, ce qui vaut peut-être mieux, diriger leurs axes dans des plans qui divisent en deux parties égales les intervalles de temps qui séparaient les groupes du premier système, et rendre ainsi le mouvement de rotation deux fois plus lent; car alors la durée des éclats est doublée, sans que celle des éclipses soit augmentée. On voit donc que dans tous les cas, qu'en doublant le nombre des réflecteurs en même temps que celui des becs on double aussi l'effet utile; tandis qu'en adoptant le système de Bordier-Marcet on ne l'augmente peut-être que d'un dixième, du moins quant à l'éclat proprement dit, qui est la partie vraiment importante des effets produits par les phares à rayons tournants auxquels on veut donner une grande portée.

Il y a, à la vérité, une grande économie dans le système de Bordier-Marcet, relativement au nombre des réflecteurs, puisqu'il est moitié moindre. Mais, pour voir si cette économie est bien entendue, comparons la dépense des réflecteurs à celle de l'huile.

Un grand réflecteur de 30 ou 32 pouces d'ouverture coûte 1,000 fr.

aut à une dépense annuelle de 100 francs. Un bec ordinaire de quin-
net portant une mèche de 8 lignes dépense, dit-on, 1 once d'huile par
heure. Pour moi, j'ai toujours trouvé une consommation d'un douzième
de livre environ; mais supposons 1 once : cela fera 10 onces pour la
durée d'une nuit moyenne, et par conséquent, au bout de l'année,
650 onces ou 228 livres, qui, à 12 sous, prix ordinaire, coûteront
37 francs. La dépense annuelle pour un bec ordinaire est donc d'un
tiers plus considérable que l'intérêt à 10 pour 100 du capital employé
à la construction du réflecteur. Ainsi, avec un accroissement de dépense
qui n'est pas double de celui qu'entraîne le système de M. Bordier-
marcet, on obtiendrait pour les éclats un accroissement d'effet qui serait
peut-être décuple de celui qu'il obtient. Il n'y a donc pas à balancer
entre les deux systèmes.

10. On objectera sans doute que celui qui double le nombre des
réflecteurs est plus embarrassant, en raison de l'espace qu'il nécessite
pour leur emplacement. Je répondrai d'abord que les mêmes lanternes
qu'on a placé un système de huit réflecteurs, tel que celui dont j'ai déjà
parlé, dans lequel ils sont disposés sur un même plan horizontal, avaient
assez de hauteur pour contenir deux ou même trois rangs pareils, placés
les uns au-dessus des autres, ce qui aurait produit des feux aussi brillants
et aussi prolongés qu'on peut le désirer. J'ajouterai d'ailleurs qu'une cage
assez grande pour contenir ces vingt-quatre réflecteurs ne coûte que 7 à
1000 francs, tandis que l'huile consommée dans un an par vingt-quatre
becs occasionnerait une dépense de 4,288 francs, qui répond à un capital
de 42,880 francs. On voit donc que la dépense pour la construction,
à plus forte raison pour un simple exhaussement ou élargissement de
cage, est bien petite par rapport à la dépense d'huile, et que, par
conséquent, c'est principalement dans cette dépense qu'il faut appor-
ter de l'économie, en s'efforçant, lorsqu'on l'augmente, d'en tirer un
avantage proportionné à cette augmentation. Or nous venons de voir
que les dépenses complémentaires au moyen desquelles on tire tout
parti possible de l'augmentation du nombre des becs de lampe sont

dépenses bien entendues, puisque, si on ne les faisait pas, une partie de l'huile consommée et de la lumière produite le serait pure perte; et que, si l'on compare ces dépenses à la consommation de, on trouve qu'elles augmentent les avantages qu'elle procurait. Les réflecteurs de Bordier-Marcet, dans une bien plus grande proportion qu'elles n'augmentent la dépense totale.

On pourra faire encore une autre objection au parti économique que je propose, de donner un réflecteur à chaque bec : c'est qu'il augmente beaucoup la charge de l'axe de rotation, qu'une horloge ne peut faire tourner. Le phare de Cordouan ne contient que douze grands réflecteurs de 32 pouces d'ouverture, et leur poids cependant fatigue beaucoup l'échappement de l'horloge et y occasionne de fréquentes variations, m'a dit M. Wagner.

Je ferai remarquer d'abord que ces miroirs paraboliques, les plus anciens, je crois, qui aient été faits dans d'aussi grandes dimensions, sont beaucoup plus épais et plus pesants que ceux que fabriquent à présent M. Lenoir fils, et surtout M. Bordier-Marcet, qui a déjà beaucoup allégé les siens, d'après la demande de la Commission. J'ajouterai que la fabrication de réflecteurs en feuilles de cuivre plaqué, qu'entreprend M. Gambey, à l'instar des Anglais, nous promet des appareils beaucoup plus légers.

Enfin il est aisé de faire tourner des masses considérables sans inconvénient pour le mouvement de l'horloge, lorsqu'on divise le moment en deux poids, dont l'un, très-petit, fait marcher l'horloge, et l'autre, beaucoup plus gros, fait tourner l'arbre qui porte les réflecteurs, comme l'a très-ingénieusement exécuté M. Wagner. Il m'a assuré que sa machine pourrait être appliquée avec succès à l'appareil de Cordouan et même à des masses beaucoup plus pesantes encore.

.....

PROJET

D'UN

PHARE A FEUX TOURNANTS,

DANS LEQUEL

LES RÉFLECTEURS SERAIENT REMPLACÉS PAR DES LENTILLES ^(a).

[Présenté à la Commission des phares dans sa séance du 31 octobre 1820.]

1. Les lentilles ont, comme les miroirs paraboliques, la propriété de ramener à des directions parallèles les rayons lumineux partis de leur foyer. Les lentilles produisent par réfraction l'effet que les miroirs paraboliques produisent par réflexion. On a songé depuis longtemps à les employer dans l'éclairage des phares. Il y a même en Angleterre un phare construit d'après ce système ^(b); mais il ne paraît pas qu'il soit très-brillant; ce qui tient sans doute à la grande épaisseur de ses len-

^(a) Cet avant-projet d'un appareil dioptrique tournant, dont Fresnel avait soumis le programme à la Commission des phares, dès le mois d'août 1819 (v. N° I, §§ 9 et suivants), a été refondu et complété dans le Mémoire ci-après (N° VIII), qui a remplacé la première étude. Celle-ci devait toutefois être intégralement reproduite, comme offrant, par son rapprochement avec le projet définitif, d'intéressantes indications sur l'origine et le développement des conceptions de Fresnel dans la création de son système de phares.

^(b) Le phare de *Portland*. — Nous n'avons recueilli sur la composition de son appareil d'éclairage que les seules indications fournies par le passage suivant d'un article de sir David Brewster sur les *Phares Britanniques*, inséré dans le numéro cxv de la *Revue d'Édimbourg* : « The superiority of lenses indeed was so well known, that the Trinity-House resolved to fit them, and the lower lighthouse in the isle of Portland was fitted up, in 1789, with lenses

être aussi à la combinaison des réflecteurs avec les lentilles, sur
le je n'ai pas de renseignements assez détaillés pour en juger.
Lorsque le verre est bien diaphane et a peu d'épaisseur, la seule
perte sensible que la lumière éprouve en le traversant est celle
résulte des réflexions sur ses deux surfaces; et cette perte n'est
que d'un vingtième, d'après les expériences de Bouguer; tandis
que la perte est de moitié dans la réflexion de la lumière sur les meil-
leurs miroirs métalliques; c'est-à-dire que les miroirs les plus brillants
ne réfléchissent que la moitié de la lumière incidente,
le reste s'éteignant dans leur substance. Il semble résulter de là, au pre-
mier abord, que les lentilles devraient présenter une économie consi-
dérable dans l'emploi de la lumière, si l'on trouvait un moyen d'éviter
de leur donner une grande épaisseur. Mais, en supposant même ce
problème résolu d'une manière satisfaisante, la supériorité des lentilles
sur les réflecteurs ne serait pas aussi grande qu'on pourrait l'imaginer,
car que les réflecteurs paraboliques d'une profondeur ordinaire, en-
voyant pour ainsi dire l'objet éclairant, reçoivent sur leur surface
cent dixièmes environ des rayons qui en émanent; tandis qu'avec
des lentilles on ne peut guère en utiliser directement plus des deux
cinquièmes.

Pour diminuer l'épaisseur des lentilles, j'ai imaginé de les faire

two inches in diameter; but with characteristic ignorance, parabolic reflectors were
behind them. M. Fresnel mentions the fact of lenses being used in England, and dis-
misses any originality in the idea of using them; but he has the indoubted merit of having
introduced them and the subsidiary lenses and reflectors into the French lighthouses, and of
developed in his Memoir various original and beautiful ideas, which, we believe,
have actually been put in practice." (*Edinb. Review*, n° cxv, avril 1833, p. 184.)

ce remarquable passage n'accorde guère, on le voit, à Augustin Fresnel que le
titre de l'importation et du perfectionnement du système des phares lenticulaires, et la der-
nière phrase résume implicitement l'incessante revendication de sir David Brewster quant à
son titre d'invention. La réponse nous paraît facile; mais, en raison des développements
qu'elle exige, nous l'avons réservée pour notre Introduction, où nous croyons avoir ramené
la question à ses véritables termes.

ous les yeux de la Commission ^(a). Je dis *imaginé*, quoique l'idée ne soit pas neuve, parce que j'ignorais alors que Buffon avait jadis proposé le même moyen. M. Charles m'a appris depuis que M. Rochon avait même entrepris de faire exécuter une très-grande lentille en étages, mais qu'il y avait renoncé à cause des difficultés que présentait le procédé qu'il voulait suivre, qui consistait à refouiller le verre, comme l'avait indiqué Buffon. Ces difficultés disparaissent lorsqu'on divise le travail de la lentille en différents morceaux, qu'on peut réunir ensuite, soit en les collant entre eux par leurs bords, soit en les fixant sur une glace, ainsi que je l'ai fait faire pour la lentille dont la Commission a autorisé la construction. C'est là la seule idée qui m'appartienne, et qui a sans doute rien de remarquable sous le rapport de l'invention, mais qui rend facile la construction des plus grandes lentilles ^(b).

^(a) Voyez la planche I. Elle présente, à l'échelle de $\frac{1}{16}$, le dessin d'un panneau lenticulaire plan-convexe de 76 centimètres de côté et de 92 centimètres de longueur focale, formé de 100 zones et fractions de zones polygonales concentriques subdivisées en 100 éléments. Dans ses premiers essais de fabrication, la face convexe de chacun de ces morceaux de verre fut travaillée au bassin en portion de surface sphérique osculatrice à la surface annulaire normale, c'est-à-dire de manière à satisfaire aussi exactement que possible à la condition de l'émergence parallèle des rayons lumineux émanés du foyer commun. Mais aussitôt que l'opticien-fabrilicant, M. Soleil père, eut établi, d'après les instructions de Fresnel, un équipage mécanique pour la taille des verres lenticulaires, et eut obtenu de la manufacture de Saint-Gobain des tranches de crown-glass moulées dans des dimensions suffisantes, on exécuta sous forme annulaire les zones concentriques des lentilles échelonnées. Leur effet utile s'accrut ainsi de près de moitié.

La petite lentille *polygonale* mentionnée dans le présent mémoire n'avait que 55 centimètres en carré, pour une longueur focale de 70 centimètres.

Le premier essai d'une grande lentille annulaire de 76 centimètres de côté et de 92 centimètres de foyer eut lieu le 19 juin 1822.

^(b) La priorité, quant à la double idée de profiter de la division des lentilles pour en faciliter la taille en travaillant séparément leurs zones concentriques, et pour corriger en même temps l'aberration de sphéricité, appartient à Condorcet, ainsi qu'il résulte du passage suivant de son Éloge académique de Buffon, dont Fresnel assurément n'avait eu jusqu'alors aucune connaissance :

« Bientôt après [l'exécution des miroirs d'Archimède], il [M. de Buffon] proposa l'idée d'une

Les morceaux de verre lenticulaire ont été liés sur la glace qui les
tient^(a), avec de la térébenthine de Venise; mais une partie de cette
térébenthine a coulé par les joints, soit parce qu'elle n'avait pas été assez
soumise au feu, soit par suite des changements que le cadre, qui est de
cuivre, a dû éprouver dans ses dimensions, en raison des variations hy-
drométriques de l'air. Je suis persuadé qu'on n'aurait plus à craindre
d'inconvénient si le cadre était de métal, et si les joints entre les
lunettes de verre étaient bouchés avec du mastic. Je me suis assuré
de ce fait, par les renseignements que j'ai pris à ce sujet, que le col-
lage à la térébenthine n'est pas sujet à se piquer (comme disent les
opticiens), puisque des objectifs de télescope collés de cette manière
pendant trente ans n'ont pas encore éprouvé d'altération dans leur trans-
parence. Il me paraît néanmoins plus sûr de réunir les morceaux par
leurs bords avec de la colle de poisson, au lieu de les coller sur une
glace, parce que, alors, quelque altération que le temps puisse faire
éprouver à la colle, son opacité n'aura aucune influence sur la transpa-
rence et l'effet de la lentille. La colle de poisson adhère d'ailleurs si
fortement au verre, qu'on ne doit avoir aucune inquiétude sur la soli-
cité du système. Il faudrait, pour séparer les morceaux, un choc aussi
fort que pour les casser. Je conviens qu'un pareil accident peut ar-

à échelons, n'exigeant plus ces masses énormes de verre si difficiles à fondre et à tra-
vailler, absorbant une moindre quantité de lumière, parce qu'elle peut n'avoir jamais
une grande épaisseur, offrant enfin l'avantage de *corriger une grande partie de l'aberra-
tion sphérique*. Cette loupe, proposée en 1748 par M. de Buffon, n'a été exécutée que
par l'abbé Rochon, plus de trente ans après, avec assez de succès pour montrer qu'elle
mérite la préférence sur les lentilles ordinaires. On pourrait même *composer de plusieurs
ces loupes à échelons*; on y gagnerait plus de facilité dans la construction, une grande
économie de dépense, l'avantage de pouvoir leur donner plus d'étendue, et celui d'em-
ployer, suivant le besoin, un nombre de cercles plus ou moins grand, et d'obtenir ainsi,
avec le même instrument, différents degrés de force.»

L'addition de la *glace-support* ne paraît avoir eu lieu que pour les premiers essais. On
sait qu'elle devint inutile du moment que l'on fut parvenu, sinon à exécuter d'une seule
pièce, mais à assembler par un collage, chacun des anneaux de verre composant les grandes lentilles,
du moins à réduire le nombre des subdivisions. Un simple collage des joints se trouva dès lors suffisant pour relier
solidement les éléments des panneaux lenticulaires dans leur cadre de cuivre.

le même choc ne ferait que bossuer un réflecteur en feuilles de cuivre
aqué. Mais je ferai observer que dans ce cas on peut raccommo-
der la lentille aisément et à peu de frais, en recollant simplement les mor-
ceaux; à moins qu'ils n'aient été brisés en un trop grand nombre de
parties, ou dans un sens perpendiculaire aux rayons, auquel cas il fau-
rait remplacer ceux qui ne pourraient plus servir^(a).

5. Des diverses combinaisons des lentilles avec les lampes qu'on des-
tine à l'éclairage du phare, la plus avantageuse est de réunir toutes les
lentilles en un seul faisceau placé au centre et entouré par huit len-
tilles carrées, embrassant chacune dans les deux sens un angle de 45° .
Cela forme ainsi un prisme octogonal qui reçoit tous les rayons compris
dans une zone équatoriale de 45° ⁽¹⁾. Cette zone comprend presque les
deux cinquièmes de la sphère lumineuse qui émane de l'objet éclairant.

6. On peut utiliser une partie des rayons passant au-dessus des
lentilles, au moyen de miroirs plans en glaces étamées, ou feuilles de
cuivre plaqué, qui, réfléchissant les rayons supérieurs, les feront tom-
ber sur les lentilles et formeront ainsi des feux plongeants. Quant aux
rayons qui passent au-dessous des lentilles, on ne peut les utiliser de
la même manière, puisque, ainsi dirigés, ils se relèveraient au-dessus
du plan horizontal. Il y aurait sans doute moyen de les réunir au fais-
ceau des rayons parallèles; mais le système de réflecteurs que cela néces-
siterait gênerait beaucoup l'abord du bec de lampe, et serait ainsi
inutile au service, outre qu'il augmenterait la dépense et le poids du

⁽¹⁾ Il serait difficile d'étendre les lentilles au-delà de 45° , parce que les angles prismatiques des nouveaux morceaux de verre deviendraient trop considérables^(*).

^(a) Les lentilles des phares ne peuvent être mises hors de service que par des chocs auxquels elles sont fort peu exposées dans leurs lanternes.

^(*) Dans ses études subséquentes pour les appareils lenticulaires de premier ordre à feu fixe, Fresnel a porté la hauteur du tambour dioptrique à 1 mètre, ce qui a étendu l'amplitude de la zone équatoriale jusqu'à près de 66° . On conçoit d'ailleurs que les limites doivent être plus resserrées pour un nouveau lenticulaire tournant, dont les éléments concentriques s'étendent jusqu'aux extrémités des diagonales du cadre rectangulaire.

tomber directement dans la mer, où ils ne seront pas d'ailleurs
fait sans utilité, en formant des feux très-plongeants, qui éclair-
les abords du phare^(a).

our employer les lentilles avec avantage, il est nécessaire que
entral présente beaucoup de lumière sous un volume peu con-
e. Nous sommes parvenus, M. Arago et moi, à résoudre ce pro-
une manière satisfaisante, en suivant l'idée de M. de Rumford^(b)
becs à mèches multiples, et nous avons même été plus heureux
dans nos essais. Nous avons fait construire des becs à mèches
riques, qui portent deux mèches, trois mèches et jusqu'à
mèches, et qu'on peut gouverner aussi aisément qu'un bec or-
Nous avons évité complètement l'altération que la grande
de ces foyers aurait pu occasionner dans les becs, en y amenant
en quantité surabondante, comme dans les lampes de Carcel;
oyen nous a si bien réussi que, malgré le grand nombre et la
es expériences auxquelles ces becs ont été soumis, nous n'avons
ore été obligés de les nettoyer. Ces gros becs n'ont pas, comme
on a faits jusqu'à présent avec une seule mèche circulaire,
énient de donner une flamme rougeâtre et de peu de hauteur.
mière est aussi blanche que brillante, et les flammes concen-
s'échauffant mutuellement, s'allongent avec facilité. Il est même
re alors de tenir les cheminées un peu hautes, pour que l'air,
ouvelant rapidement, puisse suffire à la combustion de l'huile

ouvelles études conduisirent Fresnel à imaginer diverses combinaisons au moyen
il parvint à utiliser, en plus ou moins forte proportion, les rayons lumineux pas-
essus et au-dessous du tambour dioptrique *fixe* ou *mobile*, d'abord par un sys-
amidal tronqué de lentilles additionnelles avec miroirs plans, pour projeter ces
horizon, en accroissant la durée des éclats dans les appareils tournants; puis par
étagées de petits miroirs plans ou, mieux, concaves; enfin par des zones catadiop-
ont l'invention et les premières applications datent des derniers temps de sa vie.
plutôt de Guyton de Morveau. (Voyez les *Annales de chimie*, 1^{re} section, t. XXIV,

éviter un trop grand développement.

8. On pouvait craindre que la vivacité de la combustion ne charbonnât les mèches concentriques, surtout dans le bec qui en porte quatre, plus rapidement que cela n'a lieu dans les becs ordinaires. Mais nous nous sommes assurés du contraire par expérience et nous nous sommes reconnu en outre qu'au même degré de carbonisation, les mèches concentriques éprouvent moins de diminution dans l'effet qu'elles produisent; ce qui tient sans doute à ce que la grande chaleur du foyer facilite l'ascension de l'huile dans les mèches. Nous avons tenu le bec quadruple allumé, sans le moucher, pendant quatorze heures, et la vivacité de la lumière donnée par la lentille qu'il illuminait n'avait guère diminué dans l'axe que du sixième de son intensité primitive. Dans une autre expérience, après douze heures et demie de combustion sans que les mèches aient été mouchées, nous avons mesuré la lumière, non seulement dans l'axe de la lentille, mais encore dans toutes les autres directions qu'embrassait le cône lumineux; et en ajoutant ces résultats partiels multipliés par les petits angles décrits, nous avons trouvé que l'effet total, comparé à celui que donnait le bec au commencement de l'expérience, avait à peine diminué d'un cinquième. Or il est à remarquer que ces deux expériences, à cause de leur longueur, n'ayant pu être faites chacune dans une seule séance, les mèches ont été rallumées à plusieurs reprises, et ont dû en conséquence se charbonner plus que si la combustion avait eu lieu sans interruption^(a). Il n'y a donc pas de doute que, dans ce cas, le résultat eût encore été un peu plus satisfaisant, et qu'ainsi le bec quadruple peut brûler pendant les plus longues nuits d'hiver sans qu'il soit besoin d'en moucher les mèches.

9. Il serait prudent néanmoins d'arranger l'appareil de manière que, en cas d'accident, on pût y substituer promptement un nouveau bec, si on le jugeait nécessaire. Or, comme dans ce système le bec ne

^(a) Expériences faites à l'Observatoire par Arago et Fresnel, du 6 au 15 juin 1820.

de satisfaire à la condition que je viens d'énoncer ^(a).

est ce bec quadruple que je proposerais de placer au centre du
dont j'ai l'honneur de soumettre le projet à la Commission ^(b).
un diamètre de 9 centimètres seulement, il produit l'effet d'en-
vingt forts becs de quinquet ou lampes de Carcel. Il dépense
seulement 800 grammes d'huile, dans les moments où sa combus-
tion est la plus vive. Il y a plusieurs phares sur les côtes de France
où la consommation d'huile est aussi considérable et peut-être plus
considérable. Je pourrais citer, entre autres, celui de la tour de Cor-
se, dont la dépense d'éclairage et d'entretien s'élevait, il n'y a pas

Après l'installation du premier phare lenticulaire établi sur nos côtes (juillet 1823), on
a en disposition des gardiens-allumeurs deux lampes mécaniques de rechange, dont une,
prête à fonctionner, est montée chaque soir dans la chambre de la lanterne, pour
servir, au besoin, la lampe de service.

Ces indications sommaires répond l'appareil lenticulaire tournant figuré en plan et
représenté sur notre planche II, laquelle a été réduite d'après un dessin sans date, tracé par
M. Lenoir au revers de l'épure de la grande lentille de 76 centimètres en carré, mentionnée
dans les procès-verbaux, § 3.

Cette planche-croquis nous a paru assez intelligible pour se passer de légende. Nous
avons donc facilité son rapprochement avec la planche du projet définitif N° VIII, en
la plaçant, comme celle-ci, à l'échelle de 4 centimètres pour mètre.

Si les différences les plus saillantes entre les deux études, nous signalerons particu-
lièrement celles qui concernent l'appareil optique additionnel et le mode d'illumination.

L'appareil additionnel, qui présente, dans le second projet, un système mixte de len-
tilles et de miroirs plans, projetant à peu près horizontalement huit faisceaux lumineux,
est ici à une espèce de couvercle très-surbaissé, formé de deux zones octogonales de
lentilles planes, qui réfléchissent dans des directions plus ou moins plongeantes les rayons
lumineux divergeant au-dessus du tambour dioptrique.

Au lieu de la lampe mécanique à réservoir inférieur au bec, définitivement adoptée
dans les grands appareils lenticulaires, la présente étude suppose le système optique illu-
miné par une lampe à réservoir supérieur au bec, telle que celle qui avait servi aux pre-
mières expériences d'illumination des lentilles à échelons.

Nous ferons enfin observer que nous avons laissé subsister, dans notre reproduction
de la coupe de l'appareil, quelques légères inexactitudes de projection admises par
nous pour simplifier la figure.

ngtemps, et s'élève peut-être encore à près de 20,000 francs par
(a).

10. Le bec quadruple placé au foyer de notre lentille produit dans une lumière qui est une fois et trois quarts environ aussi vive que celle du maximum de l'éclat donné par les grands réflecteurs de M. Lenoir, dont la surface est cependant presque double de celle de la lentille ^(b). Si donc on doublait la surface de cette lentille, en augmentant ses dimensions, comme je pense qu'il faudrait le faire dans un système de phare dont je propose l'exécution, on aurait une lumière trois fois et demie aussi intense que celle d'un grand réflecteur de M. Lenoir, dans son maximum d'éclat, et plus de quatre fois plus vive que le maximum d'éclat d'un grand réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet. Or, dans les phares à feux tournants où l'on emploie ces grands réflecteurs, on n'en dispose ordinairement que deux à la fois sur la même direction; ainsi le système lenticulaire présente-t-il deux fois plus de vivacité dans ses éclats que les autres phares.

11. Quant à la durée des éclats, nous pouvons déjà la comparer approximativement à celle de ces phares composés de huit grands réflecteurs, accouplés deux à deux. D'après nos expériences, l'étendue angulaire du cône lumineux réfléchi par le grand miroir parabolique de M. Lenoir entre deux intensités, qui doivent être à peu près les limites de l'éclat pour de grandes distances, étant de $7^{\circ},5$, l'amplitude de celui que donne le grand réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcet entre les mêmes limites est d'environ $7^{\circ},7$, et l'amplitude du cône lumineux de la lentille armée du bec quadruple, $6^{\circ},6$. Or comme dans le phare lenticulaire la circonférence serait divisée en

(a) Dans une première rédaction, raturée sur la minute, l'auteur disait : « Je pourrais citer entre autres celui de la tour des Baleines [île de Ré], composé de douze petits réflecteurs à double effet de M. Bordier-Marcet, portant ensemble vingt-quatre becs de quinnet. Chacun de ces becs, comme nous nous en sommes assurés par des expériences répétées, consomme 35 grammes d'huile par heure, quand il est en plein effet : or 24 fois 35 grammes font 840 grammes. »

(b) La petite lentille à zones polygonales dont il est ici question avait 55 centimètres en diamètre et 70 centimètres de foyer. [Voyez plus haut la note (a) de la page 75.]

les directions différentes, tandis que les autres n'en présentent
 quatre, il faut, pour comparer la durée des éclats, multiplier
 l'amplitude du cône lumineux produit par la lentille, ce qui
 est $13^{\circ},2$. Mais en faisant la lentille plus grande, comme je le pro-
 pose de manière à en doubler la surface, en lui faisant embrasser
 un angle de 45° , la distance focale, qui dans celle dont nous nous
 sommes servis est de $0^m,72$, sera pour la nouvelle de $0^m,9174$; et
 l'amplitude du cône lumineux est égale à la largeur de l'objet
 divisée par la distance focale, cet objet éclairant conservant
 les mêmes dimensions, par hypothèse, cette augmentation de la dis-
 tance focale diminue l'étendue de l'éclat dans la même proportion.
 Il faut diviser $13^{\circ},2$ par le nombre fractionnaire $\frac{0,9174}{0,72}$, ce qui
 donne $10^{\circ},36$. Ainsi l'on voit que la durée des éclats de la lentille sera
 supérieure d'un tiers environ à la durée des éclats des grands
 réflecteurs de M. Bordier-Marcet et de M. Lenoir. Je fais abstraction
 de l'angle entendu, quant aux réflecteurs à double effet, des feux diver-
 gents qu'ils produisent, et qui s'éparpillent, avec des intensités varia-
 bles dans un angle de près de 30° ; car, à cause de leur extrême fai-
 blesse, ils ne peuvent pas être considérés comme faisant partie de
 l'éclat et me paraissent assez inutiles dans les phares à feux tournants,
 qui ont une grande portée.

Les résultats de nos expériences nous fournissent encore un
 moyen plus simple et plus précis de comparer les phares lenticulaires
 avec les autres. Nous avons mesuré l'intensité de la lumière envoyée
 par la lentille et par les différents réflecteurs que nous avons com-
 parés non-seulement dans l'axe, c'est-à-dire dans le point le plus
 éclairé, mais encore dans les autres directions, jusqu'à deux limites
 d'intensité qui nous ont paru devoir être à peu près celles de l'éclat,
 nous avons eu soin de prendre les mêmes mesures pour la lentille et
 les réflecteurs. Ensuite, multipliant chaque intensité partielle par le
 carré de l'angle décrit correspondant, nous avons obtenu ainsi des nombres
 évidemment proportionnels à l'effet utile de chaque réverbère, c'est-

œil du spectateur, pendant qu'on les faisait tourner. Or nous avons trouvé ainsi : pour la lentille armée du bec quadruple, 300; pour le réflecteur de M. Lenoir, 140, et 130 pour celui de M. Bordier-Marcet. Je présente ici en nombres ronds les moyennes des expériences. Si l'on double la surface de la lentille, son effet utile augmentera, non pas à la vérité dans le rapport de 2 à 1, mais dans celui de $\sqrt{2}$ à 1, comme il est facile de s'en rendre raison. Il faut donc multiplier 300 par $\sqrt{2}$, ce qui donne 424; d'où l'on voit que la somme des rayons rassemblés par chacune de ces lentilles dans le plan horizontal sera trois fois plus grande que celle des rayons réfléchis dans le même plan par les grands miroirs de M. Lenoir ou de M. Bordier-Marcet.

13. Il me resté à parler du poids et du prix de ces lentilles. Leur largeur et leur longueur seraient de 76 centimètres, et leur épaisseur réduite de 25^{mm},5 environ, en sorte que le volume de chacune en décimètres cubes serait à peu près de 14,73. Or le poids d'un décimètre cube de verre est de 2^k,5. Chaque lentille pèserait donc 36^k,83, ou environ 4 livres; ce qui ferait, pour les huit lentilles, 592 livres, non compris les cadres de cuivre qui ceindraient leurs contours et les pièces de fer qui les réuniraient à l'axe de rotation, mais qui ne pèseraient pas plus que dans les systèmes de huit réflecteurs.

On voit que le poids de ces lentilles, qui produiraient chacune l'effet de trois grands réflecteurs, ne serait pas plus considérable que celui des grands réflecteurs de M. Bordier-Marcet, qui pèsent aussi 74 livres, et sont cependant encore moins lourds que ceux de M. Lenoir.

14. Quant au prix, chacune de ces lentilles carrées de 76 centimètres de côté, et composée de cent morceaux, coûterait 1,000 francs, sans compter le cadre, qui ne serait pas sans doute l'objet d'une grande dépense. Ainsi le prix de ces lentilles ne dépasserait pas celui que l'administration payait, il n'y a pas longtemps encore, à M. Bordier-Marcet pour ses grands réflecteurs. Il y aurait par conséquent un avantage bien évident à les employer, puisque chaque lentille, ne coûtant guère plus qu'un grand réflecteur, produirait l'effet de trois.

1
abilité du verre et la durée de son poli. Leur entretien serait nul, et leur nettoyage donnerait beaucoup moins de peine que celui des réflecteurs, qu'il faut frotter souvent avec de l'Angleterre pour leur rendre leur éclat. Il résulterait de la disposition du bec de lampe, dont le centre serait éloigné des lentilles de 0^m,4, c'est-à-dire de près d'un mètre, qu'elles ne seraient point tachées d'huile comme les réflecteurs, qui portent les becs dans leur intérieur ; en sorte que, le plus souvent, il suffirait de les pousser avec un plumeau pour les nettoyer, et l'on aurait tout besoin de les essuyer avec un linge. Ainsi elles conserveraient très-longtemps toute la puissance d'effet qu'elles auraient au moment de l'atelier de l'opticien ^(a) ; tandis que les réflecteurs ne tardent pas à perdre une partie de leur poli, et que, le nettoyage de huit réflecteurs étant assez pénible, il doit arriver souvent que, par négligence du gardien, ils n'ont pas tout le brillant dont ils sont susceptibles.

Je conclus donc en proposant à la Commission la construction d'un phare à feux tournants composé de huit lentilles carrées de 0^m,4 de côté, qui, avec un seul bec quadruple placé au centre de l'octogone, donneraient des feux d'une portée très-supérieure à ceux des phares composés de huit grands réflecteurs de 84 à 78 centimètres d'ouverture.

Il résulterait nécessairement de l'égalité des huit lentilles, qui ne laisseraient aucun intervalle entre elles, pour utiliser le plus possible la lumière du feu central, que les éclipses seraient égales. Le phare pourrait se distinguer des phares voisins, en adoptant

l'expérience continue de près d'un demi-siècle a pleinement confirmé ces prévisions de l'inventeur.

ats consécutifs. Mais pour lui donner un caractère beaucoup plus distinctif, il suffirait de diviser deux de ces grandes lentilles chacune en deux autres dont les axes ne seraient plus séparés que par un intervalle angulaire de $22^{\circ} 30'$, tandis que l'intervalle compris entre les axes de deux lentilles entières serait de 45° , et, entre une lentille entière et une demi-lentille, de $33^{\circ} 45'$, ainsi que l'indique la figure 1 et le tableau des diverses combinaisons de lentilles que j'ai l'honneur de soumettre à la Commission^(a). Alors, en supposant que la durée d'une révolution totale fût de huit minutes, les intervalles de temps compris entre les milieux de deux éclats consécutifs seraient successivement de 30, 45, 60, 60, 45, 30, 45, 60, 60 et 45 secondes. Le nouveau phare présenterait ainsi un caractère bien particulier par les égalités régulières et périodiques de la durée de ses éclipses^(b).

Si l'on fait l'essai du phare dont j'ai l'honneur de soumettre le projet à la Commission, je crois qu'il sera prudent de n'en pas confier l'éclairage à un entrepreneur, mais de le faire faire par régie, sous la direction de l'ingénieur de l'arrondissement, au moins pendant la première année; premièrement, parce que l'entrepreneur qui se chargerait de ce nouvel éclairage, ne sachant pas par expérience ce que le bec quadruple consomme d'huile dans une heure, porterait sans doute sa proposition très-haut, de peur de se méprendre à son désavantage; secondement, parce que des motifs d'intérêt ou de toute autre na-

^(a) Voyez la planche III et ses annotations.

^(b) Un appareil tournant à huit grandes lentilles fut exécuté pour le phare de Cordouan, d'après les dispositions décrites au Mémoire N° VIII, et remplaça, à dater du 20 juillet 1823, l'appareil à réflecteurs paraboliques de Borda et Lenoir. Quant aux diverses combinaisons de feux tournants figurées sur la planche III, la Commission ne crut pas devoir les adopter dans leur ensemble, attendu que, indépendamment de leur trop grande complication, elles n'auraient pas dans leurs effets des différences assez tranchées pour écarter sûrement toute crainte de méprise.

à ne pas y apporter le zèle et l'attention dont les procédés nous ont presque toujours besoin dans les commencements. Il faut que le gouvernement dirige lui-même l'expérience par ses agents, pour s'assurer avec certitude à quoi s'en tenir sur les avantages ou les inconvénients attachés au service de ce nouveau système de phare; comme je l'espère, on reconnaît que ce service est plus commode que celui des phares employés jusqu'à présent, on pourra, après une nouvelle expérience, en construire d'autres suivant le même système, et même en confier, si l'on veut, l'éclairage à des entrepreneurs^(a). Je ne pourrai néanmoins qu'il me paraîtrait toujours plus prudent, et même plus utilement pour ces phares, mais encore pour tous les autres, de ne pas charger de cette direction un entrepreneur, dont les intérêts pourraient venir alors en opposition avec ceux de la navigation, et dont le défaut d'augmenter son bénéfice, ou seulement la moindre négligence dans le choix ou la surveillance de ses employés, peuvent être si funestes aux navigateurs^(b).

Le bail pour l'éclairage des phares n'a pas été renouvelé, et la seule fourniture de combustible a été donnée à l'entreprise. La délibération à laquelle donna lieu le projet d'A. Fresnel se trouve résumée ainsi dans un registre tenu par M. Sganzin, comme rapporteur de la Commission des

« 31 octobre 1820.

L'ingénieur Fresnel fait part à la Commission des phares d'un projet d'appareil à feu composé de huit lentilles de 76 centimètres de côté. Ce nouvel appareil fait l'objet d'un rapport très-détaillé sur les propriétés de ce nouveau système. La Commission, après avoir examiné et discuté ce rapport avec le plus grand intérêt, a adopté les conclusions.

La Commission, prenant en considération le mauvais effet de l'éclairage du feu de Cordouan dont l'état exige de grandes réparations (d'après les derniers renseignements fournis par les navigateurs, on ne l'aperçoit très-souvent que de 3 à 4 lieues en mer), et qu'il importe de porter la lumière à 10 lieues au moins, propose à M. le Directeur général de remplacer l'appareil actuel du phare de Cordouan par un appareil lenticulaire du système de Fresnel, qui, indépendamment d'une grande supériorité de lumière, procurera une économie considérable sur les frais d'entretien. »

NOTE I.

ESTIMATION APPROXIMATIVE DE LA DÉPENSE ANNUELLE QUE NÉCESSITERAIENT L'ÉCLAIRAGE ET L'ENTRETIEN DU SYSTÈME LENTICULAIRE.

Le bec quadruple placé au centre de ce système dépenserait par heure 800 grammes huile, dans les moments où sa combustion serait le plus active. La durée moyenne des nuits étant de dix heures, il en résulterait une consommation de 8 kilogrammes huile par nuit, et conséquemment de 2,920 kilogrammes dans une année, lesquels, à raison de 1 fr. 50 cent. le kilogramme, coûteraient.....	4,380 fr.
Pour les mèches, l'entretien de la lampe et des becs, 120 francs, ci	120
Deux gardiens payés chacun 600 francs par an, ci.....	1,200
Pour les objets nécessaires au nettoyage de la lanterne et du système lenticulaire, pour l'entretien de la machine de rotation et les dépenses prévues, 800 francs, ci.....	800
Dépense annuelle.....	<u>6,500 fr.</u>

L'éclairage et l'entretien du phare de la tour de Cordouan coûtent au gouvernement ou, du moins, coûtaient en 1811. près de 20,000 francs. Si donc on remplaçait le phare (qui paraît être en mauvais état et ne produire qu'un effet assez médiocre) par le système lenticulaire, on y trouverait, outre l'avantage d'un éclat plus supérieur, celui d'une économie considérable dans la dépense annuelle. Il est possible que je n'aie pas compris dans mon estimation quelques dépenses que j'ai négligées, et que nécessite la position particulière de la tour de Cordouan. Mais il n'est guère possible que ces augmentations de dépense s'élèvent à plus de 2,000 fr.; en les portant même à 2,500 francs, l'éclairage et l'entretien annuels ne s'élèveraient qu'à 9,000 francs, ce qui n'est pas la moitié de ce que le gouvernement a dépensé depuis longtemps pour le phare actuel^(a).

[Suit cette annotation au crayon, de la main de l'auteur :]

Je n'ai pas fini, mais je n'ajouterai pas grand'chose.

^(a) L'insistance que mettait Fresnel à faire ressortir l'avantage de son système d'éclairage, dans le rapport de l'économie *absolue*, s'explique par la pénurie du budget des phares à cette époque. L'économie *relative* était d'ailleurs incontestable, et en définitive les considérations financières devaient être subordonnées à des intérêts d'un tout autre ordre. Quant à l'aperçu de détail estimatif, il est presque superflu de faire remarquer qu'il avait été préparé d'après des données fort incomplètes sur l'organisation et les exigences du service du phare de Cordouan.

NOTE II.

APPLICATION DES VERRES CONVEXES À UN PHARE À FEU FIXE ^(a).

rait que ces lentilles fussent courbes seulement dans le sens vertical et dans le sens horizontal, pour laisser les rayons se distribuer également an horizontal; c'est-à-dire que leur surface devrait être cylindrique ^(b). lles ^(c) embrassant chacune 45° suffiraient pour éclairer uniformément zon, et cinq pour en éclairer plus de la moitié. Ainsi, dans ce dernier cas, sente souvent, l'achat des lentilles nécessaires ne coûterait que 5,000 fr.; , pour éclairer la même étendue angulaire, et d'une manière beaucoup forme, il faudrait sept grands réflecteurs à double effet, qui, à raison de ncs seulement chacun, coûteraient 7,000 francs. Si l'on voulait éclairer zon, il en faudrait douze, et, en employant des lentilles cylindriques, on esoin que de huit lentilles. On voit donc que, en supposant toujours le entilles égal à celui des réflecteurs, le système lenticulaire n'exigerait que iers de la dépense que nécessiterait l'autre.

incipal avantage qu'il présente, c'est de distribuer uniformément la lumière an horizontal; tandis que les réflecteurs paraboliques, même à double épandent très-inégalement dans les différentes directions. A 2 degrés lle a déjà moitié moins d'intensité que dans l'axe; à 4 ou 5 degrés, dix , et dans les 10 degrés suivants, qu'éclairent les feux obliques, son in-

essus du titre se lit, sur le manuscrit autographe, cette apostille au crayon : *ier ce dernier article.*

ression d'un appendice aussi important, où se trouve sommairement indiqué le e suivi depuis par Fresnel dans la composition de ses appareils dioptriques à feu que par l'idée, à laquelle s'était d'abord attachée la Commission des phares, d'ap-clusivement les feux changeants à l'éclairage des côtes maritimes. [Voyez N° VIII, s un plus mûr examen conduisit bientôt à reconnaître la nécessité de faire alterner urnants avec des feux fixes, pour écarter plus sûrement les chances de méprise. egard au défaut d'équipages mécaniques pour la taille de ces éléments optiques e annulaire.

it être entendu que chacun des huit panneaux aurait été divisé en plusieurs pans de manière que leur ensemble formât un système prismatique régulier à facettes pliées pour distribuer la lumière à peu près uniformément sur l'horizon, dans gulaire à éclairer.

e. Les lentilles cylindriques éclairées avec le bec quadruple présenteraient au contraire dans tous les sens la même intensité de lumière, qui ne serait, à la vérité, que la moitié environ du maximum de lumière que donnent les grands réflecteurs à double effet de M. Bordier-Marcet. Ainsi ces réflecteurs seraient plus brillants que les lentilles jusqu'à 2 degrés de leur axe; mais dans le reste de l'espace que le bec ordinairement, c'est-à-dire dans les 12 degrés suivants, le système à lentilles emporterait et de beaucoup sur les réflecteurs à double effet ^(a). Il aurait d'ailleurs un aspect particulier, qui pourrait aider à distinguer le phare, même de très-loin, lorsqu'on l'observerait avec une lunette : il présenterait de tous les côtés une ligne de feu verticale, ayant dix fois plus de hauteur que de largeur.

Voyez, sur les réflecteurs à *double effet* de Bordier-Marcet, la Note N° II (B).

PROCÈS-VERBAL

DES OBSERVATIONS FAITES À CHÂTENAY,

À 13,000 TOISES DE L'ARC DE TRIOMPHE DE L'ÉTOILE,

DANS LA NUIT DU 7 AU 8 SEPTEMBRE 1821.

SUR LE PHARE LENTICULAIRE À FEUX TOURNANTS

DE L'INVENTION DE M. AUGUSTIN FRESNEL,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES ^(*).

FEU FIXE.

Le premier feu du phare a été aperçu à 8 heures 10 minutes et n'a disparu qu'à 8 heures 40 minutes, après avoir présenté dans l'intervalle divers

^(*) Ce procès-verbal, rédigé par M. Schwilgué, alors élève ingénieur des ponts et chaussées, nous a paru devoir figurer à plus d'un titre dans notre publication. Il fixe en effet une chose importante, celle du premier essai d'un phare lenticulaire tournant, et a de plus été communiqué par A. Fresnel de deux notes, dont la seconde surtout était à conserver.

Le programme de l'expérience ne s'est pas retrouvé, mais on peut inférer du croquis, ainsi que des observations de M. Schwilgué : 1° que l'appareil tournant de premier ordre installé sur l'arc de triomphe de l'Étoile était composé, dans sa partie principale, de six grandes lentilles et de quatre demi-lentilles, les premières destinées à former les éléments d'un prisme octogonal régulier, et les autres, les éléments d'un prisme à seize pans égaux; 2° que la couronne additionnelle de petites lentilles et de miroirs plans n'était pas complète; 3° que les grandes lentilles n'avaient pas une égale puissance, les unes (premiers essais de la fabrication) étant à zones *polygonales* et les autres composées de zones *annulaires*.

Le village de Châtenay, où étaient placés les observateurs, est situé dans le département de Seine-et-Oise, à 24,500 mètres au N. 29° 1' E. de l'arc de l'Étoile.

tes; nous savions qu'il provenait d'une des grandes lentilles. Quelques minutes, il nous parut être à son maximum et il surpassait alors de beaucoup en diamètre apparent et en clarté la planète de Jupiter, à laquelle nous n'avons pu le comparer; mais il était légèrement rougeâtre. D'après la déclaration de M. Harel, propriétaire de la maison où diverses observations sur les phares ont été faites précédemment, ce feu était beaucoup plus brillant que aucun de ceux qu'on ait encore essayés; cependant la lune approchait de son plein, et se tenait dans la partie du ciel où nous apparaissait le phare. Dans les deux ou trois dernières révolutions que fit celui-ci, elle s'en approcha jusqu'à près de 30° , ce qui est une des causes de la diminution que nous remarquâmes dans l'éclat des feux, vers la fin de nos observations. Le brouillard répandu sur l'horizon, qui s'élevait et augmentait graduellement, contribuait de son côté à diminuer l'éclat, en donnant aux feux une teinte rougeâtre qui se renforçait de plus en plus (1). Mais, quelle qu'ait été l'influence de ces deux circonstances, les résultats que nous avons obtenus à une distance de 13,000 toises ont encore été extrêmement satisfaisants, et nous prouvent que, pour des distances beaucoup plus considérables, les feux des grandes lentilles serviront toujours d'une manière très-avantageuse.

TABLEAU DES FEUX TOURNANTS.

Nos observations ont été faites au moyen d'un chronomètre de M. Bréguet. Elles n'ont été régulières qu'à partir de 8 heures 46 minutes $\frac{1}{4}$ secondes, moment où le phare a commencé à tourner; et elles ont été prolongées tant que les feux ont été visibles, c'est-à-dire pendant un intervalle de 1 heure

(1) L'affaiblissement de la lumière dans la dernière révolution avait encore une autre cause que l'augmentation du brouillard : je n'avais pas rempli le réservoir de la lampe, et j'avais même négligé de m'assurer de la quantité d'huile qui s'y trouvait. Comme je ne suis aperçu, 6 ou 7 minutes avant 10 heures, que l'huile manquait, et je commençais, en haussant les mèches, à faire durer jusqu'à 10 heures le feu, qui ne devait être éteint qu'à 10 heures 15 minutes, d'après le programme; mais les lampes dont je prolongeais ainsi l'existence devenaient de plus en plus rougeâtres à cause du défaut d'huile. Je n'ai éteint le bec qu'à 10 heures. [Note d'A. FRESNEL.]

minute ^(a).

Le retour périodique des différents feux que présentait le phare nous a permis d'assigner l'ordre des lentilles qui les ont produits; c'est ainsi que nous avons formé la première colonne, et que nous avons trouvé que la durée moyenne d'une révolution du phare était de 9 minutes et une demi-seconde.

FAUX ÉCLATS.

Ce tableau fait voir une chose très-remarquable, c'est l'existence de feux particuliers qui n'avaient point été prévus et qui résultent peut-être de la disposition intérieure du phare. Leur nombre a été très-variable dans les diverses évolutions; nous en avons compté jusqu'à dix dans la cinquième. Dans les dernières ils ont entièrement disparu, sans doute à cause de l'affaiblissement de la lumière.

On ne peut rien énoncer de général sur l'ordre dans lequel ils se succèdent; on remarque seulement qu'il ne s'en est jamais placé entre les deux feux provenant des petites lentilles. Les petites secousses qu'a dû éprouver le phare pendant qu'on le faisait tourner sont sans doute une cause de ce défaut de régularité; d'ailleurs nous nous rappelons aussi avoir laissé échapper quelques-uns de ces feux sans avoir eu le temps de les noter.

Leur durée est variable depuis 1 seconde jusqu'à 5 secondes, et la moyenne est de 3 secondes. On ne peut y remarquer aucun maximum; leur éclat est comparable à celui d'une étoile de 4^e ou de 3^e grandeur (1).

(1) Les *faux éclats* remarqués à Châtenay et à l'Observatoire sont occasionnés par la réflexion des vrais éclats sur les glaces de la lanterne. Comme ils ne doivent avoir à peine que le vingtième d'intensité des vrais éclats, je n'aurais jamais pensé qu'ils pussent être aperçus à une distance de 13,000 toises, surtout par un clair de lune. Cela doit donner une haute idée de l'intensité des véritables éclats.

Ces éclats réfléchis pourraient occasionner des méprises si les marins les comp-

^(a) Nous avons cru inutile de reproduire ce long tableau, dressé d'ailleurs avec tout le soin qu'on pouvait attendre d'un habile et consciencieux observateur.

ous attachant aux cinq premières révolutions, qui ont entre elles le plus ormité, nous trouvons, pour la somme totale des durées des éclats d'une révolutions, en terme moyen. $2^m 29^s \frac{1}{2}$
 la somme des durées des éclipses. $6^m 31^s$
 donne à peu près le rapport de 1 à 2,6.

outant entre eux les faux éclats de chaque révolution, et excluant la e, où il en a été évidemment omis un très-grand nombre, on trouve, oyenne entre les 2°, 3°, 4° et 5°, 23 secondes; ce qui montre que ces ngers équivalent ensemble en durée à la sixième partie des feux prin-

vec les éclats directs, malgré la grande supériorité de ceux-ci. Mais le est facile : il suffira d'incliner de 1 ou 2 degrés les glaces de la lanterne la hauteur des lentilles, pour faire plonger les faux éclats dans la mer, à i-lieu ou à une lieue du phare, où ils présenteront quelque utilité et ne plus tromper les navigateurs.

de l'observation faite à Châtenay que la durée de l'éclat d'une grande ugmentée par une petite lentille additionnelle est au moins de 20 secondes, stance de 13,000 toises, quand la durée de la révolution entière est de es ou 540 secondes, et même dans des circonstances assez défavorables, y avait clair de lune et un peu de brouillard. Si l'on considère un phare de huit grandes lentilles, tel que celui dont M. le directeur général a la construction pour Cordouan, l'intervalle entre les milieux de deux éclats ifs sera le huitième de 540 secondes, ou 67 secondes $\frac{1}{2}$, en supposant évolution entière se fait encore en 9 minutes; et si l'on retranche 20 se- e 67 secondes $\frac{1}{2}$, on aura 47 secondes $\frac{1}{2}$ pour la durée de l'éclipse, qui èrère que le double de celle de l'éclat. Ce résultat est extrêmement supé- elui qu'ont donné jusqu'à présent les appareils de réflecteurs de M. Lenoir, ceux de M. Bordier-Marcet, dans lesquels les éclipses sont toujours au uq fois aussi longues que les éclats. Ainsi l'appareil lenticulaire qui doit é à Cordouan, étant construit dans ce système, c'est-à-dire composé de ades lentilles annulaires et de huit petites lentilles additionnelles, présen- a fois aux marins des éclats très-brillants et d'une longue durée. [Note

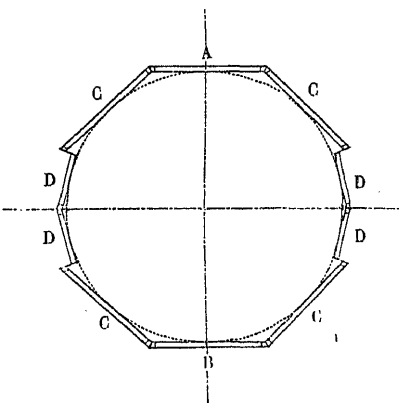
SNEL.]

es phares que l'on construira par la suite), on trouverait, pour la durée des éclats principaux, en terme moyen..... $2^m \ 6^s \frac{1}{2}$
 et pour celle des éclipses..... $6^m \ 54^s$
 nombres qui sont dans le rapport de 1 à 3,3.

GRANDS FEUX.

La durée moyenne des grands feux (A), par lesquels commence chaque révolution, est de 24 secondes.

Les grands feux intermédiaires (B) n'ont pour durée moyenne que 30 secondes. On a toujours observé une légère diminution dans l'éclat des premiers feux (A) quelques secondes après leur commencement, c'est-à-dire au moment où le feu supplémentaire se reliait avec le feu principal.



L'intensité de ces grands feux (A et B) a paru la même, et le maximum pour les uns et les autres est placé de la même manière relativement à la fin des éclats. Le tableau donne 5 secondes pour l'intervalle moyen qui sépare ces deux époques, ce qui ne fait que le quart de la durée totale; mais on peut observer que les

nombres que nous avons inscrits n'ont été pris que dans les moments où les éclats avaient diminué d'une manière sensible; et alors ils étaient déjà loin de leur maximum.

MOYENS FEUX.

La durée des moyens feux produits par les lentilles (C) est généralement de 10 secondes. Ces feux sont extrêmement vifs; ils surpassent encore l'éclat de Jupiter, et ont cela de remarquable qu'ils atteignent leur maximum immédiatement après leur commencement, et le conservent presque jusqu'à la fin.

PETITS FEUX.

Les feux provenant des lentilles (D) ont une durée moyenne un peu infé-

es feux (C).

DISPOSITION DES LENTILLES.

Considérant les milieux des différents feux, on peut former le tableau pour les intervalles qui les séparent; et, en se rappelant que la durée d'une révolution est de 9 minutes et une demi-seconde, on reconnaît que les divisions de ce tableau répondent aux divisions circulaires dû adopter pour l'emplacement respectif de chacune des dix lentilles.

TABEAU DES INTERVALLES

QUI SÉPARENT LES MILIEUX DES FEUX PRINCIPAUX DU PHARE.

DÉSIGNATION.	DURÉE.
De A en C.....	1 ^m 7 ^s $\frac{1}{2}$
De C en D.....	5 ₂
De D en D.....	3 ₁
De D en C.....	5 ₂
De C en B.....	1 7 $\frac{1}{2}$
De B en C.....	1 7 $\frac{1}{2}$
De C en D.....	5 ₂
De D en D.....	3 ₁
De D en C.....	5 ₂
De C en A.....	1 7 $\frac{1}{2}$
TOTAL.....	9 ^m 0 ^s

procès-verbal a été dressé par l'élève ingénieur des ponts et chaussées.

, le 12 septembre 1821.

SCHWILGUÉ.

NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES.

N° VIII (A).

MÉMOIRE

SUR

UN NOUVEAU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE
DES PHARES ^(a),

LU À L'ACADÉMIE DES SCIENCES LE 29 JUILLET 1822.

1. Il existe depuis plusieurs années une Commission des phares, et les membres ont été choisis parmi les savants les plus distingués

^(a) Voici le seul écrit de quelque étendue où Fresnel ait exposé et discuté son nouveau système de phares, au double point de vue théorique et pratique. Mais ce Mémoire capital, publié cinq ans avant la mort de l'auteur, qui, jusqu'à ses derniers moments, ne cessa de développer et de perfectionner sa brillante création, n'en peut donner qu'une idée très-complète. Il demanderait un Supplément ayant spécialement pour objet :

1° La composition des *appareils dioptriques à feu fixe*, que la Commission des phares avait écartés de son premier programme et dont il n'est qu'incidemment question au paragraphe 40;

2° Les appareils à *feu fixe varié par des éclats*;

3° La substitution de *zones étagées ou conoïdes de miroirs concaves* à l'embarrassant équipage accessoire de *lentilles additionnelles avec miroirs plans*;

4° Enfin l'ingénieuse combinaison qui a couronné l'œuvre, en remplaçant avec tant d'avantage ces deux systèmes accessoires par des *anneaux de verre*, disposés et profilés de

inspecteurs du Corps royal des ponts et chaussées, et d'arrêter un projet général de la distribution des phares sur les côtes de France, ils avaient dû chercher d'abord si le système d'éclairage adopté n'était pas susceptible de quelques perfectionnements. Ils avaient fait plusieurs observations intéressantes sur la vivacité de la lumière que produisent de petites mèches placées dans les grands réflecteurs de M. Lenoir; mais les fonctions que la plupart d'entre eux ont à remplir ne leur permettant pas de donner à ces recherches le temps qu'elles exigeaient, en 1819 M. Arago leur offrit de se charger des recherches, en demandant que M. Mathieu et moi lui fussions adjoints. Cette proposition, adoptée par la Commission, fut soumise à M. Becque, directeur général des ponts et chaussées et des mines, qui l'approuva également^(b) et me recommanda d'apporter tous mes soins à ces recherches. Le désir de justifier sa confiance et celle de la Commission contribua, autant que l'importance même de l'objet, à rassembler toutes mes pensées de ce côté.

Je songeai, dès le commencement, à substituer de grandes lentilles aux réflecteurs paraboliques. On sait qu'une lentille, comme un miroir parabolique, a la propriété de rendre parallèles les rayons qui partent de son foyer; elle produit par réfraction l'effet que le miroir parabolique produit par réflexion. Cette application des lentilles à l'éclairage

à recueillir et réfléchir totalement sur l'horizon les rayons focaux divergeant au-dessus de l'horizon du tambour dioptrique central.

Je suppléerai à cet appendice sans outre-passer les limites de notre rôle d'éditeur, nous avons compulsé les manuscrits de notre auteur, et spécialement ses *Registres de Calculs et de Mesures*, ainsi que sa *Correspondance administrative*, pour leur emprunter divers extraits, notamment ceux que nous produisons ci-après, dans leur ordre chronologique, sous les numéros XV, XVI, XVII, XVIII, XIX et XXI. Nous avons d'ailleurs réservé pour l'Introduction le résumé des diverses combinaisons optiques à l'aide desquelles Augustin Fresnel a porté à un si haut degré de perfection théorique le système de phares auquel il a donné son nom.

L'institution de la Commission des phares remonte à 1811, et fut provoquée par le décret du 10 août 1811, alors directeur général des ponts et chaussées et des mines.

La décision du 21 juin 1810.

sément à la pensée, et il existe en effet un phare lenticulaire en Angleterre; mais il paraît qu'il a peu d'éclat, ce qui tient probablement à la grande épaisseur des lentilles employées, qui est de 20 centimètres, et peut-être aussi à la disposition générale de l'appareil, sur laquelle je n'ai pas de renseignements précis^(a).

3. Si l'épaisseur des lentilles n'excédait pas l'épaisseur ordinaire des verres, la lumière absorbée par le verre ne serait qu'une très-petite partie de celle qui le traverse : la perte résultant de la réflexion parallèle des rayons aux deux surfaces n'est que d'un vingtième, d'après les expériences de Bouguer; et, en la supposant même d'un douzième, on voit combien peu la lumière serait affaiblie par son passage au travers de ces lentilles, et quels avantages elles auraient à cet égard sur les meilleurs réflecteurs métalliques, qui absorbent la moitié de la lumière sous des incidences peu obliques, telles que celles de la majeure partie des rayons dans les miroirs paraboliques. C'est cette réflexion qui m'avait donné l'espoir d'apporter une économie notable dans l'emploi de la lumière, en substituant des lentilles aux miroirs paraboliques.

4. Des liquides bien transparents, tels que l'eau et l'esprit-de-vin, n'absorbent qu'une faible partie de la lumière qui les traverse, même sur une longueur de 20 à 30 centimètres; et l'on aurait pu songer à appliquer aux phares les grandes lentilles que l'on fait avec deux verres bombés entre lesquels on introduit un liquide. Mais, outre que le poids énorme de ces lentilles aurait beaucoup fatigué le mécanisme qui fait tourner l'appareil dans les phares à éclipses, le séjour prolongé des liquides entre ces verres bombés aurait fini par les salir intérieurement, et il aurait été très-difficile de les nettoyer. Le mastic servant à luter leurs bords aurait pu d'ailleurs se dégrader en quelques

^(a) Il s'agit ici du phare de Portland, où l'on avait essayé une combinaison de miroirs concaves et de lentilles de verre. — Voyez à ce sujet (sur lequel nous n'avons pu recueillir, comme notre auteur, que d'assez vagues indications) le passage précité [N° VI, p. 73, note (b)] d'un article de sir David Brewster sur les *Phares Britanniques*, inséré dans le numéro cxv de la *Revue d'Édimbourg*.

employer que des matières solides.

Il était nécessaire aussi, pour ne pas perdre une trop grande des rayons émis par la lumière placée au foyer, que chaque lentille embrassât tous ceux qui sont compris dans un angle de 45° , ce qui exige que l'angle prismatique du verre au bord de la lentille ait une certaine épaisseur, on voit quelle épaisseur en résulterait au centre, si la lentille était terminée par une surface sphérique continue. Cette grande épaisseur présente le double inconvénient d'affaiblir beaucoup la lumière qui la traverse, et de donner à la lentille un poids trop considérable.

Mais si l'on divise celle-ci en anneaux concentriques, et qu'on ôte la partie centrale de la lentille du centre et aux anneaux qui l'entourent toute la partie inutile de leur épaisseur, en leur en laissant seulement assez pour qu'ils puissent être solidement unis par leurs bords les plus épais, on conçoit qu'on peut également obtenir le parallélisme des rayons émergents partis du foyer, ou, ce qui revient au même, la réunion des rayons incidents parallèles à l'axe de la lentille, en terminant à la surface de chaque anneau la courbure et l'inclinaison convenables.

C'est Buffon qui a imaginé le premier les lentilles à échelons, pour augmenter la puissance des verres ardents en diminuant leur épaisseur; mais, d'après ce qu'il dit sur ce sujet, il est évident qu'il propose de les faire d'un seul morceau de verre, ce qui rend leur exécution presque impossible, surtout dans de grandes dimensions, à cause de la difficulté d'user le verre et d'en doucir et polir la surface lorsqu'il y a de pareils ressauts. Voici comme il s'exprime :

J'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient (celui de la trop grande épaisseur), et j'ai trouvé une manière simple et facile de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'on le plaît, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre et sans allonger leur foyer.

Mon moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Je vais maintenant vous proposer, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer

diamètre, 5 pieds de foyer et 3 pouces d'épaisseur au centre : je divise l'arc de cette lentille en trois parties, et je *rapproche concentriquement* chacune de ces portions d'arc, en sorte qu'il ne reste que 1 pouce d'épaisseur au centre, et je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correspondantes. Par ce moyen, en faisant un second échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, et j'ai une lentille à échelons qui est à peu près du même foyer, et qui a le même diamètre et près de deux fois moins d'épaisseur que la première; ce qui est un très-grand avantage.

« Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre sur 2 pouces $1/2$ d'épaisseur, et de la travailler par échelons sur un foyer de 8 pieds, j'ai supputé que, en laissant même 1 pouce $1/2$ d'épaisseur au centre de cette lentille et à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille sera à celle de la lentille du Palais-Royal comme 28 sont à 6, sans compter l'effet de la différence des épaisseurs, qui est très-considérable, et que je ne puis estimer d'avance.

« Cette dernière espèce de miroir réfringent est tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; et quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre sur 15 lignes d'épaisseur au centre et 6 pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile, on aurait toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes lentilles que l'on connaisse. J'ose dire que ce miroir à échelons serait un des plus utiles instruments de physique; *je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans*, et tous les savants auxquels j'en ai parlé désireraient qu'il fût exécuté : on en tirerait de grands avantages pour l'avancement des sciences; et, y adaptant un héliomètre, on pourrait faire à son foyer toutes les opérations de la chimie aussi commodément qu'on les fait au feu des fourneaux, » etc. ^(a)

^(a) *Histoire des minéraux*, partie expérimentale, sixième Mémoire (t. IV, p. 116, des œuvres complètes de Buffon, éd. de Richard et Cuvier).

user les lentilles à échelons de plusieurs morceaux, puisqu'il
rendre leur construction de la fonte *d'une pièce de verre de 4 pieds*
d'être sur 2 pouces 1/2 d'épaisseur, qu'il suppose ensuite réduite
de diamètre sur 15 lignes d'épaisseur, pour rendre l'exécution plus
r, en faisant ces lentilles de plusieurs morceaux, il est aussi
en construire une de 4 pieds de diamètre qu'une de 3, et même
donnant un foyer beaucoup plus court que ne le supposait
On conçoit aisément pourquoi *vingt-cinq ans* après avoir inventé
elles et malgré son vif désir d'en posséder une, le même savant
et créé ce beau miroir d'Archimède, dont la construction était
impliquée et plus dispendieuse, n'avait pu faire exécuter une
à échelons de 3 pieds de diamètre; c'est qu'il n'avait pas pensé
e de plusieurs morceaux ⁽¹⁾.

n'avait pas fait attention non plus, à ce qu'il paraît, à un grand
e que présente l'exécution séparée de la surface de chaque an-
ui est de corriger presque entièrement l'aberration de sphé-
uand les anneaux sont suffisamment multipliés, en déterminant
leul le centre et le rayon de courbure de chacun des arcs
urs; car, après avoir conçu d'abord la lentille terminée par
ne surface sphérique, il suppose qu'on déprime celle-ci par
, mais de manière que les nouvelles portions de surfaces sphé-
oient *concentriques* à la première; ce qui n'est point le véritable
le corriger l'aberration de sphéricité. Le calcul apprend que
générateurs des anneaux non-seulement ne doivent pas avoir
e centre, mais encore que ces différents centres ne sont pas
r l'axe de la lentille, et qu'ils s'en éloignent d'autant plus que
auxquels ils appartiennent sont eux-mêmes plus éloignés du
e la lentille; en sorte que ces arcs, en tournant autour de l'axe,
rent pas des portions de surfaces sphériques concentriques,

Charles a entendu dire à Rochon
vu une petite lentille à échelons,
pouces de diamètre et d'un seul

morceau de verre, provenant du cabinet de
Buffon.

ulaires.

10. On s'étonnera peut-être que j'insiste autant sur des réflexions si simples. Il était sans doute bien aisé de songer à composer les grandes lentilles de plusieurs morceaux et de déduire des lois ordinaires de la réfraction la forme la plus convenable à donner à la surface de chaque anneau. Mais il était tout aussi facile d'imaginer les lentilles à échelons, comme je le sais par ma propre expérience; car je ne connaissais pas ce que Buffon avait publié sur ce sujet, lorsque je proposai pour la première fois à la Commission des phares la construction de pareilles lentilles. C'est M. Charles qui m'avertit que cette invention n'était pas nouvelle, et qui me montra le chapitre du Supplément à l'*Histoire naturelle* où il en est question. Ayant ainsi perdu une partie de ce que j'avais imaginé, on m'excusera d'apporter quelque soin à conserver le peu qui me reste, surtout quand c'est précisément ce qui rend l'invention exécutable en grand ^(a).

11. Il ne m'a pas fallu de longues réflexions pour songer à faire des lentilles à échelons et à les composer de plusieurs morceaux; ces idées sont si simples qu'elles viennent promptement à la pensée. Ce qui m'a le plus occupé, ce sont les moyens d'exécution, pour lesquels j'ai été

^(a) Fresnel, qui n'inventait qu'après Buffon les lentilles à échelons, avait également été devancé par Condorcet quant à la double idée de les rendre exécutables par la séparation de leurs éléments concentriques, et de profiter de cette décomposition pour corriger l'aberration de sphéricité, comme le prouve le passage précité de l'Éloge académique de Buffon. [N° VI. p. 75, note (b).]

Ne pouvant traiter ici avec les développements nécessaires les questions de priorité soulevées par la publication du présent Mémoire, nous nous référons de nouveau au précis historique que comprend à ce sujet notre Introduction. Nous croyons seulement devoir insister sur cette observation, que sir David Brewster paraissait avoir particulièrement fondé ses prétentions au titre d'inventeur des phares lenticulaires sur sa priorité incontestée dans l'idée d'un système mixte accessoire de lentilles avec miroirs plans, système embarrassant qu'Augustin Fresnel finit par abandonner, pour y substituer successivement deux combinaisons plus simples et plus efficaces, d'abord des zones étagées de miroirs concaves, puis, en dernier lieu, des anneaux de verre à réflexion totale.

courageusement entrepris la construction de ces grandes len-

surfaces sphériques étant les seules qu'on puisse exécuter dans
ssins, par les procédés ordinaires, j'ai d'abord divisé chaque
en un assez grand nombre de morceaux, et j'ai calculé la cour-
l'inclinaison de la petite portion de surface sphérique que je
avais à la partie correspondante de la surface annulaire, de ma-
ue l'aberration de sphéricité fût la moindre possible dans tous
; calculs plus longs et plus fastidieux encore que ceux qu'il faut
pour déterminer les éléments des surfaces annulaires. J'espérais
s arriver à l'exécution de celles-ci; mais, pour avoir plus tôt
ande lentille qui pût servir à nos expériences sur l'éclairage des
il fallait employer les moyens d'exécution que M. Soleil avait
sposition. C'est ce qui me décida à substituer, pour le moment,
ne surface annulaire un assemblage de petites portions de sur-
phériques, et même à donner aux contours des anneaux une
polygonale et non pas circulaire, parce qu'il était plus commode
ailler les morceaux de verre en lignes droites qu'en arcs de

Pour réunir toutes les pièces qui devaient composer une len-
avais songé d'abord à les fixer sur une glace, au moyen de la
athine de Venise épaissie, que M. Cauchois a employée avec
au collage de ses objectifs de lunette, et qui n'est pas sujette à
er à la longue, comme le mastic en larmes. Mais l'expérience
pris que la chaleur du soleil la ramollissait au point de la faire
par les joints. J'aurais pu, à la rigueur, empêcher son écoule-
n fermant les joints avec du mastic. Néanmoins il m'a paru préfè-
e coller les morceaux de verre les uns aux autres par les bords
e la colle forte, parce que de cette manière la transparence
entille devenait indépendante des altérations ultérieures de la
qui les soudait. Au lieu de colle de Flandre, nous avons em-
d'après le conseil de M. Arago, la colle de poisson, dont il avait

utilement de séparer, dans l'eau bouillante, deux prismes qu'elle nait réunis. Ce n'est pas que la colle forte ordinaire n'adhère aussi beaucoup au verre, et il arrive même souvent, lorsqu'on l'enlève sans précaution, qu'on emporte avec elle de petits éclats de verre; mais la colle de poisson, qui probablement possède cette qualité à un plus haut degré encore, a en outre l'avantage d'être plus belle et surtout moins cassante.

13. Au lieu de donner deux surfaces courbes aux morceaux de verre dans l'épure de la lentille, je les fis plans-convexes, pour en simplifier l'exécution et rendre leur collage plus facile; on pouvait alors les poser par le côté plan sur une table de marbre recouverte d'une feuille de papier, et les y laisser pendant tout le temps nécessaire pour sécher la colle : il serait au contraire assez embarrassant de coller bord à bord à la fois un grand nombre de verres biconvexes.

14. En suivant le procédé que je viens d'indiquer, M. Soleil parvint assez facilement à construire une grande lentille carrée de 76 centimètres de côté^(a); sa forme et ses dimensions avaient été déterminées de manière qu'elle pût faire partie de l'appareil d'éclairage que j'avais conçu, lequel devait surpasser de beaucoup l'éclat des phares les plus brillants, comme nous nous en étions assurés, M. Arago, M. Mathieu et moi, par des expériences préliminaires sur une lentille plus petite mesurant seulement 0^m,55 en carré.

15. Aussitôt que l'expérience eut démontré à la Commission des phares les avantages de ce nouveau système d'éclairage, M. Becquey, après s'être assuré par lui-même de l'extrême supériorité d'éclat que la grande lentille avait sur les miroirs paraboliques, ordonna la construction d'un appareil composé de huit lentilles pareilles. J'engageai M. Soleil à essayer d'en faire une à surfaces annulaires, au lieu de composer chaque anneau de petites portions de surfaces sphériques.

^(a) Voyez, à la planche I, le dessin de cette grande lentille polygonale échelonnée, que l'on conserve au dépôt central des phares.

pour les phares, mais surtout pour les verres ardents, dans lesquels est encore plus essentiel de corriger complètement l'aberration d'irréalité. J'indiquai dès lors à M. Soleil le procédé mécanique qu'il s'est depuis arrêté définitivement, et qu'il emploie maintenant avec beaucoup de succès.

Dans l'exécution des lentilles destinées à l'éclairage des phares, il ne s'agit pas d'atteindre à une grande perfection ; mais néanmoins la division des surfaces annulaires à un assemblage de petites portions de surfaces sphériques produit une augmentation sensible de l'intensité de la lumière reçue dans la direction de l'axe de la lentille. Dans les procédés mécaniques par lesquels on exécute les surfaces annulaires, on permettrait d'apporter beaucoup plus de célérité dans la fabrication de ces grandes lentilles que lorsqu'on était obligé de transporter séparément dans des bassins les quatre-vingt-dix-sept morceaux de chaque lentille polygonale était composée. Le nombre n'en aurait pu être diminué sans augmenter en même temps l'aberration d'irréalité ; tandis que, dans les lentilles annulaires, il n'y a aucun inconvénient à diminuer le nombre des morceaux qui composent chaque lentille. Il y aurait même de l'avantage à le faire d'une seule pièce si cela eût été possible^(a) ; car la multiplicité de ces divisions occasionne toujours une légère perte de lumière, et doit être moins favorable à la perfection du système. C'est d'après ces considérations, présentées par M. Rossel et M. Arago, que M. Becquey commanda, l'année dernière, la construction de huit lentilles annulaires, destinées à l'éclairage du phare de Cordouan, pour encourager ce nouveau genre de fabrication et engager M. Soleil à faire construire les machines néces-

Le dégrossissage des anneaux est devenu beaucoup moins long que cet opticien, au lieu d'être obligé de refouler des morceaux

^(a) Grâce aux progrès de la fabrication créée par Fresnel, le perfectionnement essentiel que ici a été obtenu quelques années après lui.

ulés dans des moules, et dont la forme approche bien plus de celle
ils doivent avoir définitivement que les morceaux de verre refoulés.
M. les administrateurs ont obligeamment accordé cette faveur à
Soleil, sur la demande de la Commission des phares; et le savant
recteur de cette manufacture, M. Tassaert, a mis beaucoup d'intérêt
succès de la fonte de nos prismes courbes. Néanmoins ils ne sont
aussi exempts de stries et surtout de bulles que le verre de
ce refoulé avec soin. Il paraît que, dès que les pièces à couler ont
pouces de longueur et 2 à 3 pouces d'épaisseur, il devient dif-
icile de les préserver des bulles et des bouillons. Le cristal ou verre
plomb est moins sujet aux bulles, mais il est plus sujet aux stries;
ailleurs il est beaucoup plus lourd que le crown de Saint-Gobain.
est principalement pour cette dernière raison que nous avons pré-
é celui-ci, malgré sa teinte un peu verdâtre, et en outre parce
il est plus dur et plus inaltérable à l'air que le verre dans lequel il
tre beaucoup d'oxyde de plomb.

18. Nos grandes lentilles de 0^m,76 en carré, qui embrassent dans
deux sens un angle de 45°, présentent, depuis le centre jusqu'au
milieu de chaque côté, six échelons, y compris la lentille du centre,
dix échelons du centre aux angles, de façon que l'anneau le plus
illiant n'a que 37 millimètres dans sa plus grande épaisseur⁽¹⁾, et
le poids de la lentille, y compris un fort cadre de cuivre, n'excède
75 livres. Pour ne point fatiguer la machine de rotation qui doit
tourner l'appareil composé de huit lentilles, il était nécessaire de
réduire au moindre poids possible, en multipliant beaucoup les
echelons. Les largeurs des anneaux ont été déterminées de manière
que leurs saillies fussent peu différentes.

19. Après avoir décrit la construction de ces grandes lentilles, je
vais expliquer maintenant comment elles sont disposées dans l'appareil
qui doit servir à l'éclairage des phares. De toutes les combinaisons de

⁽¹⁾ Les morceaux d'angle qui sont les plus épais n'ont que 4 centimètres.

paru la plus avantageuse : toutes les lumières destinées à l'é-
 du phare, réunies en une seule, sont entourées de huit len-
 rées verticales et dont les centres sont situés dans le même
 izontal que la lumière unique et à la distance du foyer des
 arallèles. Elles forment ainsi, autour de l'objet éclairant, un
 ertical ayant pour base un octogone régulier; et comme elles
 ent chacune un angle de 45° dans les deux sens, elles re-
 et emploient tous les rayons lumineux compris dans la zone
 ale de 45° appartenant à la sphère qui aurait son centre
 commun. Or cette zone comprend les $0,383$ de la surface
 hère ou les $\frac{2}{5}$ environ; et, si l'on suppose que l'intensité de
 re est diminuée de $\frac{1}{10}$ par son passage au travers de ces len-
 reste encore $0,34$, c'est-à-dire $\frac{1}{3}$. Il est probable que la perte
 re doit être un peu plus considérable; mais, d'un autre côté,
 inférieure de la sphère lumineuse recevant beaucoup moins
 re que le reste, à cause de l'opacité du bec de lampe qui
 mèches, la zone équatoriale de 45° doit contenir plus des $\frac{2}{5}$
 alité de la lumière émise; ainsi il n'y a sans doute rien d'exa-
 estimant au tiers la partie de la lumière totale réfractée par
 lentilles.

Les réflecteurs ont l'avantage d'envelopper, pour ainsi dire,
 éclairant, et de recevoir une plus grande quantité de rayons;
 absorbent au moins la moitié des rayons incidents. Les réflec-
 raboliques embrassent ordinairement les $\frac{7}{10}$ de la surface totale
 hère lumineuse, et l'on peut même réduire cette fraction à $\frac{6}{10}$,
 du bec, qui intercepte beaucoup plus de rayons dans la
 nférieure du réflecteur que dans le reste de la sphère lumi-
 De plus, la moitié de la lumière étant absorbée par le miroir,
 que la somme des rayons qu'il réfléchit est égale aux $\frac{3}{10}$ de ceux
 nent du foyer, c'est-à-dire un peu moindre que la somme des
 ransmis par les lentilles.

L'effet utile des lentilles et des réflecteurs ne dépend pas seu-

de leur concentration plus ou moins grande dans le plan horizontal où ils doivent éclairer les navigateurs, concentration qui dépend des dimensions de l'objet éclairant relativement à la distance de ce foyer à la surface du miroir ou de la lentille. Dans l'appareil lenticulaire que je viens de décrire, cette distance varie peu : elle est de 0^m,92 aux centres des lentilles, de 1 mètre au milieu de leurs bords, et de 1^m,07 à leurs angles. Dans un réflecteur parabolique, au contraire, la distance du foyer aux divers points de la surface varie depuis un jusqu'à trois et demi; et à l'extrémité du paramètre, elle est déjà le double de ce qu'elle est au sommet du paraboloïde. Dans les plus grands réflecteurs employés jusqu'à présent, qui ont 31 pouces d'ouverture et pèsent près de 100 livres, la distance du foyer au sommet du paraboloïde n'est que de 5 pouces. On voit quelle doit être la divergence verticale des rayons voisins du sommet, je dirai même de la moitié de tous ceux que réfléchit le miroir, dès que la flamme qui l'éclaire a seulement 1 pouce $\frac{1}{2}$ de hauteur. Une partie de ces rayons divergents est sans doute utilement employée à éclairer les abords du phare; mais les rayons qui, par l'effet de la même divergence, s'élèvent au-dessus du plan horizontal sont perdus pour les navigateurs. Comme l'intensité de la lumière décroît proportionnellement au carré de la distance, c'est vers les points les plus éloignés de l'horizon qu'on doit diriger la majeure partie des rayons; et il n'est pas nécessaire d'en réserver beaucoup pour les feux plongeants destinés à faire voir le phare aux navigateurs près-rapprochés.

C'est donc par la somme des rayons dirigés dans le plan horizontal qu'il faut comparer les effets des appareils destinés à l'éclairage des phares. C'est aussi sous ce rapport que nous avons comparé, M. Arago, M. Mathieu et moi, les effets utiles des divers réflecteurs et des grandes lentilles.

22. Il y aurait beaucoup d'inconvénients à former la lumière centrale de l'appareil lenticulaire par l'assemblage d'un grand nombre de verres ordinaires d'Argant; car s'ils étaient seulement au nombre de dix,

et considérable. La vivacité de la lumière étant la qualité la plus essentielle d'un phare, il était nécessaire, pour tirer le parti le plus avantageux de l'appareil lenticulaire, que le feu central présentât un grand volume de lumière sous un volume peu considérable. Nous sommes parvenus, M. Arago et moi, à résoudre ce problème d'une manière satisfaisante, en suivant l'idée de M. de Rumford sur les becs à mèches concentriques^(a), et nous avons même été plus heureux que lui dans nos expériences, nous avons fait construire des becs à mèches concentriques, qui brûlaient à deux mèches, trois mèches et jusqu'à quatre mèches, et qu'on pouvait gouverner presque aussi aisément qu'un bec ordinaire^(b). Nous avons aussi complètement réussi à mettre le bec à l'abri de la grande arce des foyers, en y faisant arriver l'huile en surabondance, comme dans les lampes de Carcel; et ce moyen a si bien réussi, que, malgré le grand nombre et la durée des expériences auxquelles ces becs ont été soumis, nous n'avons pas encore été obligés de les nettoyer. Ces becs n'ont pas, comme ceux qu'on a faits jusqu'à présent avec la mèche circulaire, l'inconvénient de donner une flamme basse et de peu de hauteur. Leur lumière est aussi blanche que celle des lampes à huile, et les flammes concentriques, s'échauffant mutuellement, s'allument avec facilité. Il est même nécessaire alors de tenir les cheminées un peu hautes, pour que l'air, se renouvelant rapidement, puisse entretenir la combustion du gaz qui se dégage, et, rafraîchissant le bec, empêcher la distillation trop abondante de l'huile.

On pouvait craindre que la vivacité de la combustion ne charbonnât les mèches concentriques (surtout dans le bec qui en porte quatre), mais plus rapidement que cela n'a lieu dans les becs des lampes or-

^(a) plutôt de Guyton de Morveau. (Voir les *Annales de chimie*, 1.^{re} série, t. XXIV,

les calibres dès lors adoptés par Arago et Fresnel pour les becs de lampe à deux, à trois et à quatre mèches concentriques, avaient été si judicieusement déterminés, qu'une longue suite de près d'un demi-siècle n'y a fait apporter aucune modification notable.

et nous avons reconnu en outre que, au même degré de carbonisation, les mèches du bec quadruple éprouvent moins de diminution dans l'effet qu'elles produisent; ce qui tient sans doute à ce que la grande chaleur du foyer facilite l'ascension de l'huile dans les mèches. Nous avons tenu le bec quadruple allumé pendant quatorze heures sans le moucher, et la vivacité de la lumière donnée par la lentille qu'il illuminait n'avait guère diminué que du sixième de son intensité primitive. Ainsi ces becs quadruples peuvent brûler pendant les longues nuits d'hiver sans qu'il soit nécessaire de les moucher; il suffit de relever un peu les mèches dans les dernières heures de la combustion, pour conserver aux flammes leur hauteur primitive.

24. Le bec quadruple, ayant 9 centimètres de diamètre, brûle à peu près une livre et demie d'huile par heure dans les moments où la combustion a le plus d'activité, et donne de la lumière en proportion de la quantité d'huile qu'il consume : il équivaut, pour la dépense et la lumière produite, à dix-sept lampes de Carcel. C'est avec ce bec, placé au centre, qu'est éclairé l'appareil composé de huit grandes lentilles arrondies de 76 centimètres. La lampe est fixée sur une table reposant sur une colonne de fonte, qui supporte en même temps le poids de l'appareil lenticulaire. Cet appareil peut tourner aisément autour de la colonne, au moyen de galets qui roulent sur la saillie du chapiteau, et il est mis en mouvement par une horloge, qui règle la durée de ses évolutions. En tournant ainsi autour de la lumière centrale, qui reste fixe, l'appareil lenticulaire promène successivement sur tous les points de l'horizon les huit cônes lumineux des lentilles et les intervalles obscurs qui les séparent; d'où résulte, pour les observateurs, une succession régulière d'éclats et d'éclipses. La largeur des angles éclairés d'une lumière assez vive pour être aperçue à six lieues, c'est-à-dire l'étendue angulaire des éclats, n'étant que de $6^{\circ} 30'$, tandis que celle des intervalles obscurs est de $38^{\circ} 30'$, la durée des éclats ne serait que le sixième de celle des éclipses; elle serait suffisante, à la rigueur, puisqu'elle est plus petite encore dans la plupart de nos phares à feux

es-uns où les éclats sont à peine le dixième des éclipses. Néanmoins il était à désirer qu'on pût augmenter la durée relative des éclats dans l'appareil lenticulaire, pour satisfaire les marins, qui trouvent toujours les éclipses trop longues.

Il est aisé d'augmenter autant qu'on le veut la divergence des rayons émergents, en rapprochant ou éloignant les lentilles de la lunette centrale; mais, comme alors la divergence croît autant dans le sens vertical que dans le sens horizontal, on perd beaucoup de rayons, et l'intensité de la lumière diminue suivant un rapport bien plus grand que celui de l'accroissement de sa durée; car le premier rapport est le carré du second; c'est-à-dire que, si l'on double par ce moyen la durée des éclats, leur intensité est réduite au quart de ce qu'elle était. En employant des lentilles d'un foyer plus court, on tombe encore dans le même inconvénient; mais au moins on diminuerait le poids de l'appareil et les frais de sa construction.

Je me suis proposé d'augmenter la durée des éclats sans enlever la vivacité, et sans accroître néanmoins le volume de l'objet ou la dépense d'huile. J'y suis parvenu facilement, sans rien changer à la disposition des huit grandes lentilles, en me servant des rayons lumineux qui passent par-dessus, et qui autrement seraient perdus. J'emploie à cet effet huit petites lentilles additionnelles trapézoïdales, de 0^m,50 de foyer, dont la réunion forme au-dessus du bec une pyramide octogonale tronquée, par laquelle on peut faire passer la cheminée de la lampe par son ouverture supérieure. Ces lentilles embrassent un quart de la surface de la sphère au centre au foyer commun, et reçoivent ainsi plus du quart de l'intensité des rayons qui émanent du bec, puisque l'hémisphère supérieur, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, en contient plus que l'hémisphère inférieur. Mais, comme on est obligé d'employer des glaces pour ramener dans une direction horizontale les faisceaux lumineux qui sortent de ces lentilles, une grande partie de la lumière est absorbée par les miroirs, malgré leur inclinaison prononcée,

moitié par son passage au travers des lentilles et sa réflexion sur ces laces étamées. Ainsi la quantité de rayons fournis par ce moyen n'est guère, en définitive, que la huitième partie de la totalité de ceux quimanent du bec quadruple. Cependant on double au moins la durée des éclats avec ces lentilles additionnelles, en laissant 7° d'intervalle entre la projection horizontale de l'axe de chacune d'elles et l'axe de la grande lentille correspondante. Il faut que le feu de la petite lentille précède celui de la grande; car, s'il le suivait, l'œil du spectateur, ébloui par la vivacité du grand éclat, perdrait une partie de l'autre.

27. La lumière des petites lentilles est sans doute bien inférieure à celle qu'envoient les grandes; premièrement, parce que leur superficie n'est que le cinquième de celles-ci, et, en second lieu, parce que les rayons qui en sortent sont ensuite affaiblis par une réflexion. Néanmoins ils ont encore assez d'intensité pour être vus de très-loin; car il résulte d'observations faites à 25,000 mètres de distance et par un clair de lune que les lentilles additionnelles doublient la durée de l'apparition du feu; et il est probable qu'une bonne partie de cet effet serait encore sensible à des distances plus considérables. Ces petites lentilles, qui, avec leurs glaces, n'augmentent le prix de l'appareil que de 1,700 francs, et son poids que de 128 kilogrammes ou 256 livres, ont donc une addition avantageuse et même économique, puisqu'elles recueillent et emploient utilement une partie notable de la lumière produite, qui sans elles aurait été perdue ^(a).

28. On pourrait, à la rigueur, diriger aussi vers l'horizon les rayons

^(a) Voyez le *post-scriptum* du présent Mémoire et la lettre du 25 avril 1825 à M. Robert Evenson [N° XV], où se trouve indiquée une nouvelle combinaison pour prolonger les éclats des grandes lentilles en recueillant, à l'aide de *zones conoïdes de miroirs concaves*, les rayons focaux divergeant au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique tournant.

Il est à noter, au sujet du *système accessoire de lentilles additionnelles avec miroirs plans* auquel Fresnel renonça pour y substituer successivement deux combinaisons de beaucoup (supérieures), que c'est surtout la priorité d'invention de ce même système accessoire, que M. David Brewster a fait valoir dans ses incessantes réclamations comme inventeur des

... sans gêner beaucoup le service de la lampe; c'est ce qui m'a
à les laisser tomber directement dans la mer, où ils ne seront
ut à fait sans utilité, en formant des feux très-plongeants qui
ront les abords du phare^(a).

Nous avons comparé par de nombreuses expériences, M. Arago,
hieu et moi, l'intensité de lumière des grandes lentilles de 76 cen-
s avec celle des réflecteurs de M. Lenoir, de 31 pouces d'ou-
e, et des réflecteurs à double paraboloïde de M. Bordier-Marcet,
à 29 pouces de diamètre, les plus grands qu'on ait employés
à présent dans les phares. Nous avons trouvé que la lentille
e par le bec quadruple donnait, suivant l'axe, une lumière
ois et un quart aussi vive que celle du grand réflecteur de
noir, et quatre fois et demie plus intense que celle du réflecteur
le effet de M. Bordier-Marcet. Or, dans les phares à feux tour-
les mieux éclairés, on ne réunit ordinairement dans la même
on que deux grands réflecteurs⁽¹⁾, et l'appareil se compose de
couples semblables disposés en carré : ainsi les éclats produits
s lentilles sont deux fois plus brillants dans l'axe que ceux des
à feux tournants de M. Bordier, et même de M. Lenoir; car il
icile d'établir un parallélisme assez exact entre les axes des
eurs accouplés, pour que leurs *maxima* de lumière se super-
rigoureusement et produisent une intensité double de celle qu'ils
nt séparément, surtout quand des réflecteurs aussi grands sont

ns le phare de Cordouan, il y a
rands réflecteurs sur chacune des
es de l'appareil, qui forme, au lieu
ré, un prisme triangulaire; mais

il paraît qu'on a donné à leurs axes des di-
vergences très-sensibles, pour prolonger la
durée des éclats; car ce phare n'est pas plus
brillant que les autres.

enticulaires. [Voyez notre Introduction et l'espèce de factum publié à Londres, en
ar l'illustre physicien écossais, sous le titre : *The History of the invention of Dioptric
and their introduction into Great Britain.*]

yez le *post-scriptum* et la note dont nous l'avons fait suivre.

diamètre. Il est d'ailleurs nécessaire alors, à cause du peu de largeur des cônes lumineux qu'ils projettent, de donner à leurs axes une légère divergence pour prolonger la durée des éclats. Donc, en définitive, les éclats produits par les grandes lentilles doivent avoir deux fois plus d'intensité que ceux des phares de France les mieux éclairés.

30. Pour estimer et comparer les sommes de rayons qui composent les éclats produits par la lentille et les réflecteurs, nous avons mesuré l'intensité de la lumière dans un assez grand nombre de directions différentes, depuis l'axe jusqu'aux limites de l'éclat, en faisant successivement pivoter sur une table tournante la lentille et les réflecteurs, dont nous comparions la lumière à celle d'une lampe ordinaire prise pour unité, au moyen des ombres portées; ensuite, multipliant chaque intensité partielle par le petit angle décrit correspondant, nous avons obtenu ainsi des nombres proportionnels aux effets utiles de la lentille et des réflecteurs. Nous avons trouvé, de cette manière, que la somme des rayons compris dans toute l'étendue de l'éclat de chaque réflecteur n'était pas le tiers de la somme des rayons qui composaient l'éclat de la lentille armée du bec quadruple. Ainsi, pour l'effet total, chaque lentille du nouvel appareil équivaut à trois grands réflecteurs de M. Lenoir ou de M. Bordier-Marcet.

31. Maintenant, en tenant compte des quantités d'huile dépensées, on trouve que l'appareil composé de huit grandes lentilles éclairées par le bec quadruple est presque aussi économique⁽¹⁾ que les grands réflecteurs de M. Lenoir armés d'un petit bec, et deux fois plus que

⁽¹⁾ Il y aurait encore plus d'économie dans l'emploi de la lumière, si l'on substituait un bec triple au bec quadruple, parce que plus l'objet éclairant est petit relativement à la distance focale, et moins il y a de rayons perdus; mais on diminuerait ainsi la vivacité

des éclats, et surtout leur durée, et peut-être n'aurait-on plus assez de feux plongeants. Je crois qu'il ne faut employer le bec triple que pour les phares du second ordre, et diminuer alors la longueur focale et les dimensions des lentilles^(*).

(*) Programme auquel Fresnel s'arrêta définitivement, en fixant à 70 centimètres la longueur focale des lentilles du second ordre.

10 lignes de diamètre. Or nous n'avons pas compris jusqu'à
dans nos calculs, l'effet produit par les petites lentilles addi-
es, qui accroît la durée des éclats sans augmentation dans la
d'huile. On voit donc combien les résultats de l'appareil len-
sont satisfaisants, puisque, avec autant d'économie dans l'em-
la lumière qu'en présentent les plus grands réflecteurs éclairés
plus petits becs, il donne un effet trois fois aussi puissant que
un phare composé de huit réflecteurs semblables, sans que
et le prix de l'appareil soient beaucoup plus considérables.
s est augmenté d'un huitième, et le prix environ des trois cin-
s.

Mais un autre avantage bien important, et qui suffirait pour
onner la préférence aux lentilles, lors même que leurs effets ne
t pas supérieurs à ceux des réflecteurs, c'est l'inaltérabilité du
t la durée de son poli. Les frais d'entretien des lentilles seront
e nuls, et leur nettoyage donnera beaucoup moins de peine aux
s que celui des réflecteurs, qu'il faut frotter souvent avec de
rouge de fer pour entretenir leur brillant. Il résulte de la po-
e la lampe, située au centre de l'octogone lenticulaire, dont le
nscrit a 93 centimètres de rayon, que les lentilles ne seront point
s aux taches d'huile comme les réflecteurs, qui portent les becs
pe dans leur intérieur; en sorte que, le plus souvent, il suffira
épousseter légèrement avec un plumeau, et l'on aura rarement
de les essuyer; mais alors, pour les nettoyer complètement, il
n de saupoudrer de rouge à polir le linge ou la peau avec les-
n les essuiera. De cette manière elles conserveront presque in-
ent toute la puissance d'effet qu'elles ont en sortant de l'atelier
icien; tandis que des miroirs argentés ne tardent pas à perdre
rtie de leur poli; et le nettoyage de huit grands réflecteurs
sest pénible, il doit arriver souvent que, par la négligence des
s, ils n'ont pas encore tout le brillant dont ils sont susceptibles.
est nécessaire de les argenter de temps en temps, quand le

lentilles n'exigent point un pareil entretien.

33. En raison de l'immobilité de la lumière centrale, l'appareil lenticulaire à feux tournants se prête aussi bien à l'éclairage au gaz qu'à l'éclairage à l'huile. Si l'on trouve de l'économie ou quelque autre avantage à employer le gaz, on n'aura qu'à remplacer la lampe par un tuyau surmonté d'un bec à flammes concentriques et communiquant par son extrémité inférieure avec le gazomètre⁽¹⁾. Enfin on pourra appliquer avec la plus grande facilité à l'appareil lenticulaire tous les perfectionnements que le temps et l'expérience apporteront dans la manière de produire la lumière^(a).

34. Après avoir exposé les principaux avantages de cet appareil, je dois passer en revue les inconvénients qu'on peut lui trouver. Le premier qui se présente à la pensée est la fragilité du verre. Mais je ferai observer que les morceaux de verre qui composent les lentilles sont assez épais pour ne pouvoir être brisés ou détachés que par un choc violent,

⁽¹⁾ Nous devons essayer bientôt, M. Arago et moi, un bec de cette espèce, portant six flammes concentriques, avec le gaz produit par la distillation du charbon. Si l'on emploie le gaz provenant de la distillation de l'huile, qui donne une lumière plus intense, il est probable que quatre ou cinq flammes suffiront^(*).

La distillation des mauvaises huiles et autres matières grasses, étant plus simple que celle du charbon de terre, paraît préférable pour l'éclairage des phares; mais, avant de l'y appliquer, il est prudent de s'informer pourquoi les Anglais ne l'ont pas

encore fait dans leurs phares à feux fixes. et de s'assurer que cette distillation présente en France une économie certaine. Au reste, si l'on emploie le gaz, de quelque manière qu'on le produise, il faudra toujours tenir dans la lanterne une lampe de sûreté toute prête, pour le cas où il viendrait à manquer par un accident quelconque. L'éclairage au gaz aurait l'avantage précieux de donner des flammes d'une hauteur constante pendant la durée des plus longues nuits, sans exiger pour cela aucun soin de la part du gardien.

^(*) De 1824 à 1827, Fresnel fit de nombreuses séries d'expériences sur les becs à quatre, cinq et six couronnes concentriques alimentés par diverses espèces de gaz. (Voyez ci-après N° XXIII.)

^(a) Prévision réalisée depuis quelques années, par l'application de la *lumière électrique* à l'illumination des appareils lenticulaires.

se répareraient aisément au moyen de la colle de poisson, que la pièce cassée ne le fût en un trop grand nombre de cas; auquel cas il vaudrait mieux la faire remplacer par une autre, à cet effet, renvoyer à l'opticien la lentille endommagée. Comme je viens de le dire, un pareil accident ne saurait être rare, avec un peu d'attention de la part des gardiens; et seulement parce qu'il faut tout prévoir, qu'on a joint aux huit de chaque espèce qui composent l'appareil une lentille semblable de rechange, destinée à remplacer celle qui aurait besoin de réparations.

La lampe unique qui éclaire le phare paraît un sujet d'inquiéter, si elle venait à s'éteindre, toute la lumière du phare s'évanouirait, et les bâtiments qu'un hasard malheureux aurait conduits en son voisinage pourraient échouer sur l'écueil qu'il doit servir de guide aux navigateurs. Mais d'abord, les coups de vent violents qui quelquefois éteint toutes les lampes d'un phare à réflecteurs ne produisent sans doute pas le même effet sur les quatre flammes de la lampe à bec, qui, en raison de la grandeur du foyer et de l'activité de la combustion, sont bien moins sensibles aux courants d'air que les lampes à bec ordinaires, comme j'ai eu souvent occasion de le constater : c'est ainsi que le vent, qui éteint une chandelle, n'éteint pas une torche. A la vérité, le bec quadruple pourrait s'éteindre par la même cause, le manque d'huile. Mais pour bien peser ce danger, et pour le plus occupé, il est nécessaire de connaître la manière dont le bec est amené dans le bec.

Afin de rendre le service plus commode et d'arroser continuellement les bords du bec d'une quantité d'huile très-surabondante, je me suis décidé, d'après l'avis de M. de Rossel et de plusieurs autres membres de la Commission des phares, à appliquer à cette lampe l'invention de Carcel, et à faire monter l'huile dans le bec au moyen d'un mécanisme mues par une horloge. Cette horloge est à poids, pour plus de sûreté et de régularité dans son mouvement, et le poids descend

service et la lampe qu'elle supporte. Une horloge à poids aussi simple que celle-là n'est pas sujette à s'arrêter; mais enfin, si cet accident arrivait, ou si les valvules et les soupapes des pompes venaient à se crever ou à se déranger, une autre lampe à mouvement d'horlogerie, mais dans laquelle le moteur est un ressort, serait allumée sur-le-champ et substituée à la première. Les mécanismes de ces lampes ont été conçus et exécutés par M. Wagner jeune, avec son talent ordinaire.

37. On pourrait craindre encore que le gardien ne fût endormi au moment où la lampe se serait dérangée : c'est ce qui m'a engagé à chercher un moyen de le réveiller lorsque l'huile viendrait à manquer, et j'en ai trouvé un très-simple : il consiste à placer, entre le bec et le réservoir dans lequel retombe l'huile surabondante, un petit vase de porcelaine blanc attaché à l'extrémité d'un levier et faisant équilibre, lorsqu'il est rempli d'huile, à un contre-poids situé sur l'autre bras du levier. Ce petit vase est percé d'un trou assez large pour qu'il puisse se vider promptement quand il ne reçoit pas de nouvelle huile, mais pas assez pour en laisser passer autant qu'il en reçoit du bec dans l'état ordinaire des choses; en sorte qu'il reste toujours plein tant que l'huile qui tombe du bec ne diminue pas. Mais quand il n'en tombe plus, et avant que le bec s'éteigne, le vase se vide, le contre-poids s'emporte, et le mouvement du levier laisse échapper l'extrémité du ressort d'une sonnette qu'il tenait bandé. Le bruit de cette sonnette, dont les oscillations se répètent pendant quelques instants, suffit pour réveiller le gardien ^(a).

38. Il ne serait peut-être pas inutile d'ajouter une autre précaution

^(a) Ces ingénieuses précautions ont pleinement répondu aux prévisions de l'inventeur. L'éclairage des nombreux appareils lenticulaires qui signalent les atterrages de notre littoral est en effet entretenu avec la plus constante régularité, et nous rappellerons qu'à cet égard l'expérience acquise embrasse une période de quarante-cinq ans au phare de Corboulouan, où le nouveau système a reçu sa première application.

ordinaire d'une lampe de Carcel, qu'on tiendrait allumée toute ; en sorte que, dans le cas où celui-là viendrait à manquer par quelque dérangement dans ses pompes, et où le gardien réveillerait pas assez tôt pour allumer à temps la lampe de re- , le phare se trouverait encore éclairé par le bec ordinaire de de Carcel. Les éclats qu'il produirait seraient sans doute bien brillants et surtout beaucoup plus courts que ceux du bec qua- , mais leur lumière pourrait être aperçue de loin et suffirait vertir les navigateurs qui se trouveraient en ce moment dans le ge du phare. Cette lampe de Carcel, que le gardien pourrait r. à volonté et porter commodément d'une main, lui serait en- tile pour aller et venir, la nuit, et chercher les choses dont il it avoir besoin.

Nous croyons qu'avec ces précautions le nouvel éclairage sera ins aussi assuré que celui des appareils en usage. Il ne doit pas donner autant d'inquiétude que les lampes ordinaires sur la ation de l'huile pendant les nuits très-froides, puisque l'huile ui retombe sans cesse du bec quadruple dans le réservoir et inage de ce grand foyer de chaleur suffiront toujours pour tenir du réservoir à l'état liquide. Sans doute le service du bec qua- e est un peu plus compliqué que celui d'un bec ordinaire; mais nous sommes assurés, par des expériences très-multipliées, qu'il llait qu'un peu d'attention pour régulariser les flammes et les enir à une hauteur convenable. C'est d'ailleurs le seul bec que dien ait à soigner et sur lequel il doive porter son attention; est plus partagée, comme dans les autres appareils, entre huit, ze, ou même vingt-quatre becs de lampes. Il n'y a plus de réfléc- à frotter, plus de becs recouverts d'huile brûlée à décrasser; la chose à faire pendant le jour est de moucher les mèches du bec uple, de verser de nouvelle huile dans le réservoir de la lampe, fermer les rideaux destinés à intercepter les rayons solaires, qui ela pourraient enflammer ou fondre les corps placés au foyer des

paraboliques. Ces rideaux serviront en même temps à garantir les lentilles de la poussière, du moins pendant le jour. On voit que le service se réduira à bien peu de chose. Je suis persuadé que les gardiens des phares où l'on placera le nouvel appareil se féliciteront, par la suite, de cette simplification, et que, leur attention n'étant plus partagée entre plusieurs lampes, l'éclairage de la lampe unique qu'ils auront à soigner gagnera beaucoup.

Lors même que l'expérience ferait découvrir dans cette lampe quelque inconvénient que nous n'aurions point remarqué, ce ne serait pas une raison pour abandonner l'appareil lenticulaire, qui présente de grands avantages; car il serait toujours possible de perfectionner le mécanisme de la lampe, et d'obtenir enfin, soit avec l'huile, soit avec le gaz, la lumière centrale nécessaire à l'illumination de cet appareil.

40. On pourrait faire aussi en lentilles des phares à feux fixes, supérieurs à ceux qui sont composés de réflecteurs paraboliques; mais comme les feux fixes, qui doivent éclairer simultanément tout l'horizon, ne sauraient avoir une aussi grande portée que les feux tournants, et que d'ailleurs ils peuvent être confondus quelquefois avec des feux allumés sur la côte par accident ou malveillance, la Commission des phares a pensé qu'il sera préférable de n'employer que des feux tournants, si l'on parvient à les diversifier suffisamment^(a). On y réussit déjà en partie en variant les durées de leurs révolutions; mais ce moyen est assez borné, parce qu'il faut les rendre très-différentes pour que les marins du petit cabotage ne s'y méprennent pas, et que, d'une autre part, les limites des vitesses de rotation en plus et en moins qu'on peut adopter sans inconvénient sont peu étendues. Les verres colorés,

^(a) Un plus mûr examen ramena la Commission à la combinaison consistant à faire alterner les *feux fixes* avec les *feux changeants*, ainsi qu'il résulte du rapport du contre-amiral de Rossel sur le *Projet général d'éclairage des côtes de France*. [N° XX (A).] Par suite du retour à ce programme, Fresnel eut à reprendre ses études sur les appareils dioptriques à feu fixe, et son premier essai en ce genre fut le petit appareil de troisième ordre qu'il présenta à l'Académie des sciences le 3 mai 1824. [Voyez ci-après N° XVI (A).]

rsifier les phares à feux tournants, mais qui n'a pas paru à la
 sion bien assuré dans ses résultats, et qui d'ailleurs a l'incon-
 très-grave de faire perdre une grande quantité de lumière^(a).
 Pourquoi j'ai cherché à atteindre le but en établissant, entre les
 les des éclats d'un même phare, des inégalités périodiques,
 l'idée de M. Sganzin, inspecteur général des ponts et chaussées.
 nier appareil lenticulaire exécuté par M. Soleil a été construit
 e système; deux des huit grandes lentilles y sont remplacées
 e par deux lentilles moitié moins larges, qui embrassent toujours
 le de 45° dans le sens vertical, mais seulement de 22° 30' dans
 horizontal : ces deux couples de lentilles moitié moins larges
 amétralement opposés. Il résulte de cette disposition que les
 les angulaires entre les milieux des éclats successifs et, par
 ent, les intervalles de temps correspondants pendant la rota-
 phare forment la série périodique 1, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$,
⁽¹⁾ Il y a aussi une grande différence dans les intensités des

aurait une série plus simple par
 naison de huit demi-lentilles avec
 andes lentilles, combinaison dans
 chacune de celles-ci serait suivie de
 ai-lentilles; ce qui donnerait, pour
 alles de temps entre les milieux ou
 es éclats successifs, la série péri-
 1, $\frac{2}{3}$, 1, 1, $\frac{2}{3}$, etc. Alors les marins
 ent pas obligés d'observer un aussi
 ombre d'éclats pour reconnaître la
 période.

une autre combinaison à laquelle nous
 ngé M. de Rossel et moi donnerait
 ournant un caractère distinctif en-

core plus facile à saisir : elle consisterait à en-
 tourer la lumière centrale de seize demi-len-
 tilles, embrassant toujours chacune 45° dans
 le sens vertical et 22° 30' dans le sens hori-
 zontal; tandis que la pyramide tronquée des
 lentilles additionnelles, qui forme comme
 une espèce de toit au-dessus de la lampe, ne
 serait toujours composée que de huit lentilles
 dont les éclats précéderaient de 7° ceux des
 huit demi-lentilles correspondantes et se re-
 noueraient avec eux. Ainsi, sur deux éclats con-
 sécutifs, le premier, composé de l'éclat d'une
 lentille additionnelle et de celui d'une demi-
 lentille, serait deux fois plus long au moins

nécessité d'obvier aux chances de méprises, qui devaient s'accroître avec le nombre
 es, a fait admettre sur quelques points de notre littoral, et particulièrement aux en-
 ports, l'emploi des feux colorés.

que les quatre autres. Mais la lumière des plus faibles étant encore très-intense, et cette comparaison ne se faisant que de souvenir, il paraît, d'après nos expériences, qu'elle ne pourrait servir à reconnaître le phare que dans le cas où sa lumière serait très-affaiblie par un brouillard ou le grand éloignement de l'observateur; car, à six lieues de distance et par un clair de lune, il fallait quelque attention pour remarquer la différence d'intensité de ces éclats, tant ceux des demi-lentilles avaient encore de vivacité.

41. Les grandes lentilles ont été employées avec beaucoup de succès comme signaux, par MM. Arago et Mathieu, dans les opérations géodésiques qu'ils ont faites, vers la fin de l'automne dernier, sur les côtes de France et d'Angleterre. Une de ces lentilles, éclairée par un bec quadruple et placée à cinquante milles anglais de l'observateur, était vue aisément avec une lunette, une heure avant le coucher du soleil, et à l'œil nu, une heure après : elle paraissait alors aussi bril-

que l'éclat suivant, produit seulement par une demi-lentille; d'où résulterait une suite d'éclats alternativement longs et courts. Ce système présenterait encore un autre avantage : c'est que, en somme, la durée des éclats serait presque égale à celle des éclipses. A la vérité, les demi-lentilles auraient moins de portée que des lentilles entières embrassant 5° dans les deux sens; mais l'intensité de la lumière ne serait sans doute pas réduite à moitié, car les parties qu'on supprime à droite et à gauche de l'axe dans une lentille entière, pour faire une demi-lentille, doivent fournir moins de lumière que celles qu'on laisse, qui sont plus voisines de l'axe : les demi-lentilles seraient aussi brillantes ou moins que deux grands réflecteurs paraboliques de 30 pouces. Ainsi, en sacrifiant dans ce cas une partie de l'intensité des éclats à leur durée, on le ferait d'une manière

économique, puisque, en somme, on gagnerait un peu de lumière.

Au lieu de rattacher l'éclat de chaque lentille additionnelle à celui d'une demi-lentille, on pourrait l'intercaler entre les éclats de deux demi-lentilles consécutives; il s'en distinguerait par une différence d'intensité qui serait bien assez prononcée pour frapper les yeux, et l'on aurait en outre une grande différence entre les intervalles de temps qui sépareraient les milieux des éclats successifs, puisqu'il résulterait de cette disposition la série très-simple $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1$, etc. L'effet particulier de ce feu tournant serait d'offrir des éclats très-brillants, qui se succéderaient à intervalles égaux, mais entre lesquels, et de deux en deux intervalles seulement, seraient intercalés des éclats beaucoup moins vifs.

direction, à quinze milles seulement, c'est-à-dire trois fois plus et exemple suffit pour donner une idée de la portée des grandes

Leur construction ne sera pas seulement utile à l'éclairage des elle servira sans doute aussi à l'avancement de la science. Elle ait un instrument puissant, avec lequel on pourra soumettre à vive chaleur, dans l'intérieur d'un ballon de verre, des corps udra fondre ou volatiliser, en les soustrayant à l'action de l'air s mettant en contact avec un autre gaz; beaucoup d'expériences pourraient être faites ni avec le chalumeau ordinaire, ni avec Newmann, le seront facilement de cette manière. Peut-être on par la suite à ces grands verres ardents des découvertes arprenantes que celles dont la pile de Volta a enrichi la

S'ils rendent des services importants aux savants, et surtout igateurs, on en sera redevable au zèle éclairé avec lequel uey accueille toujours les inventions utiles et sait en hâter les nnements. Les encouragements qu'il a donnés à M. Soleil ne ar bornés à lui commander deux appareils; l'établissement des s nécessaires à l'exécution des lentilles annulaires exigeait des de fonds considérables. M. le directeur général des ponts et es est venu au secours du fabricant, et, en lui faisant délivrer ompte, l'a enhardi dans la spéculation nouvelle à laquelle il t, et a assuré dès le principe le succès de son entreprise.

is ajouter que la chaleur avec laquelle M. de Rossel appuya la ion de ce nouveau système d'éclairage, aussitôt qu'il eut vu les e notre première lentille, ainsi que les conseils et les encoura- qu'il nous a donnés pendant la durée du travail, ont beaucoup é à accélérer l'exécution des deux appareils lenticulaires qui ntenant terminés.

Le premier, dont les lentilles sont formées de petites portions es sphériques, a été essayé, l'an dernier, devant M. le direc-

Le général des ponts et chaussées et les membres de la Commission des phares, qui ont été très-satisfaits de la vivacité de sa lumière.

45. Le second, composé de huit grandes lentilles annulaires et de huit petites lentilles additionnelles, va être soumis à une série d'expériences semblables et plus complètes encore, en ce qu'on y emploiera la lampe à mouvement d'horlogerie destinée pour l'éclairage du phare de Cordouan ^(a).

46. Il résulte déjà d'une première observation faite de Montméjan, situé à 16,400 toises de l'arc de triomphe de la barrière de l'Étoile, sur lequel est placé l'appareil, que la durée de l'apparition de la lumière (à la vérité, dans des circonstances favorables) est la moitié de la durée des éclipses; qu'on aperçoit un affaiblissement sensible de la lumière (mais sans éclipse absolue) pendant un cinquième de la durée totale de l'apparition, au point de jonction de l'éclat de la grande lentille avec celui de la petite; et qu'enfin ces deux éclats, surtout celui de la grande lentille, sont encore très-beaux à cette distance.

P. S. Depuis la lecture de ce Mémoire, j'ai songé à un moyen de prolonger la durée des éclats sans rien changer à la disposition des grandes et des petites lentilles, par l'addition d'un appareil qui ne gênerait pas le service de la lampe et laisserait entièrement libre la table sur laquelle elle repose. Il consisterait en un système de petites glaces tamées, fixées au-dessous des grandes lentilles, entre les montants qui les soutiennent, et disposées d'une manière assez analogue aux feuilles d'une jalousie; mais, au lieu d'être parallèles, elles auraient chacune l'inclinaison convenable pour réfléchir les rayons provenant

^(a) L'année suivante (le 20 juillet 1823), cet appareil remplaça, dans la lanterne de Cordouan, les douze grands réverbères tournants de Borda, qui signalaient depuis trente-huit ans l'embouchure de la Gironde.

Cette mémorable inauguration du système des phares lenticulaires fait l'objet des documents que nous avons réunis ci-après sous le N° XI.

elles, pour chaque système correspondant à une grande lentille, sous un angle de 14° ou 15° avec l'axe de cette lentille, en avant, dans le sens du mouvement de rotation, de manière que l'éclat produit par ce système de petits miroirs précéderait l'éclat de la lentille principale de la même quantité dont celui-ci précède l'éclat de la grande lentille. Je pense qu'on parviendrait ainsi, à peu de frais, et sans augmenter le poids total du système de plus de 200 livres, à donner aux éclats une durée presque égale à celle des éclipses. Au moment où je me propose de faire bientôt l'essai de cet appareil additionnel, je vais vérifier par l'expérience ces résultats approximatifs d'un premier essai^(a).

Nous devons appeler très-particulièrement l'attention du lecteur sur ce *post-scriptum*, qui a nettement formulé le programme de la combinaison accessoire renouvelée sous le nom de *système holophotal*. Ce même programme est reproduit ci-après [N° XV], dans la lettre du 25 avril 1825 à M. Robert Stevenson, avec cette seule différence que les miroirs concaves auraient remplacé les miroirs plans. Il ne restait plus, pour rendre le système facilement applicable, et porter en même temps l'effet utile au maximum, qu'à substituer la *réflexion totale* à la *réflexion spéculaire*, à l'aide des *anneaux catadioptriques* si heureusement introduits par Fresnel, peu avant sa fin prématurée, dans la composition des appareils d'éclairage. Il ne s'était pas au surplus exclusivement attaché, pour les feux à l'éclat, à la condition des *éclipses absolues*. De nouvelles études le conduisirent à préférer, pour l'ordouan, l'addition d'un appareil accessoire à feu fixe, qui, sans changer le caractère variable du phare, devait le rendre constamment visible, en beau temps, jusqu'à une distance de quatre et cinq lieues.

L'appareil, dont le profil a été ajouté à la figure 1 de la planche IV, fut installé sur le pont de la table de service. Il se compose d'un système polygonal de petits miroirs disposés comme les lames d'une persienne, et disposés de manière à réfléchir horizontalement et à distribuer à peu près uniformément dans tous les azimuts les rayons focaux émanant au-dessous du tambour lenticulaire tournant.

NOTE

SUR

LES BECS A MÈCHES CONCENTRIQUES,

EXTRAITE

DES ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE

DU MOIS D'AVRIL 1821 ^(a).

MM. Arago et Fresnel, chargés par M. le directeur général des ponts et chaussées des expériences relatives au perfectionnement de l'éclairage des phares, se sont particulièrement occupés des becs à plusieurs mèches, dont M. de Rumford ^(b) avait annoncé depuis longtemps les avantages, mais qui présentaient encore de graves inconvénients par la difficulté de modérer la flamme.

MM. Arago et Fresnel sont parvenus à lever complètement cette difficulté, en appliquant à ces becs l'idée heureuse au moyen de laquelle

^(a) Cette Note, primitivement insérée dans les *Annales de chimie et de physique*, puis dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* (cabinet de juin 1821), a été reproduite en 1822 par A. Fresnel, comme appendice à son Mémoire sur les phares. La dernière édition, comparée aux deux premières, présente plusieurs variantes, parmi lesquelles nous nous bornons à signaler celles qui nous ont paru de quelque intérêt.

^(b) Et, avant lui, Guyton de Morveau. — Voir le Mémoire publié par ce savant, en 1797, dans les *Annales de chimie* (1^{re} série, t. XXIV, p. 311), « Sur les moyens de fournir presque sans frais le feu et l'eau pour les expériences chimiques. »

le courant d'air, et qui consiste à abreuver la mèche d'une quantité plus grande que celle qu'elle peut consumer. De cette manière, l'huile, sans cesse renouvelée, ne peut plus entrer en ébullition au bec, et la flamme s'éloigne de ses bords, continuellement recouverte par l'huile surabondante qui s'écoule. Dans les lampes que M. Lavoisier et Fresnel ont fait construire pour leurs expériences, ce n'est qu'un mouvement d'horlogerie qui amène l'huile, comme dans la lampe de Carcel : le réservoir, plus élevé que le bec, reçoit l'air par un tube glissant dans une boîte à cuir, qu'on peut hausser ou baisser à volonté, et qui sert ainsi à régler le niveau d'écoulement; l'huile surabondante tombe dans un récipient placé sous le bec, puis est reversée dans le réservoir lorsqu'on éteint la lampe.

Cet appareil, convenable pour les expériences auxquelles il était destiné^(a), serait sans doute très-incommode dans les usages domestiques et en général dans l'éclairage des salles, à cause du grand mouvement qu'il oblige de donner au réservoir et au récipient. Il vaudrait mieux alors adapter à la lampe l'ingénieux mécanisme de

Carcel, qui suffisait pas, pour maîtriser la combustion, d'amener l'huile en quantité surabondante; car il aurait fallu, dans certains cas, rendre le mouvement si rapide, que les plus grands réservoirs auraient été insuffisants en peu de temps : il était nécessaire encore de donner à la cheminée une hauteur convenable. On conçoit en effet que plus la cheminée est haute, plus le courant d'air devient rapide et rafraîchit les parois du bec. Quand la cheminée est trop basse, le bec s'échauffe, l'huile ne s'allonge et rougit; quand elle est trop haute, la flamme est étouffée, mais ne peut acquérir le développement nécessaire, et occasionne une agitation continuelle, occasionnée par la trop grande

AVANTAGE de la première édition :

Le système peut être adopté sans inconvénient dans l'éclairage des phares.

de cheminée la plus avantageuse. Comme elle doit varier avec l'état de l'air, et surtout avec la température de l'atmosphère, on a adapté à la cheminée une rallonge de tôle, composée de deux pièces qui s'emboîtent l'une dans l'autre, dont l'une est fixe et l'autre peut s'élever ou s'abaisser à l'aide d'une crémaillère. De cette manière on fait varier à volonté la hauteur de la cheminée lorsque la lampe est allumée. On la tient basse dans les premiers instants pour faciliter le développement des flammes, et l'on élève ensuite la partie mobile de la rallonge pour modérer la combustion ^{(1) (a)}.

Chacune des mèches concentriques s'élève ou s'abaisse séparément, à l'aide d'une crémaillère dont la tige, qui porte l'anneau, passe dans l'intérieur même du bec. L'anneau sur lequel la mèche est fixée s'assemble à baïonnette sur celui-ci, en sorte qu'on peut l'enlever et

⁽¹⁾ L'expérience a fait reconnaître des inconvénients dans ces rallonges mobiles, qui, soutenues seulement d'un côté par la crémaillère, sont sujettes à s'incliner un peu, et frottent alors contre la partie fixe du tuyau. Il est bien préférable de lui donner une hauteur excédante, et de diminuer la vitesse du courant d'air au degré convenable par le moyen d'un obturateur semblable à une clef de poêle, mais dont la largeur n'excède pas le tiers du diamètre du tuyau. C'est une feuille de tôle ou de latine, placée vers le bas de la rallonge et attachée sur un axe qu'on fait tourner de la quantité qu'on veut, à l'aide d'une pe-

tite vis sans fin portant un manche de bois, et engrenant avec un quart de roue dentée fixé à l'extrémité de l'axe de l'obturateur. Par ce moyen on fait hausser ou baisser les flammes à volonté avec la plus grande facilité.

Il est bon que la rallonge soit composée de deux tuyaux qui emboîtent l'un dans l'autre, afin qu'on puisse au besoin en augmenter ou diminuer la longueur. Mais cette opération ne se fait plus quand le bec est allumé et la rallonge posée sur la cheminée; c'est à l'aide du seul obturateur qu'on doit régler alors la vitesse du courant d'air. [*Note ajoutée par l'auteur à sa première rédaction.*]

^{a)} Ici se trouve, dans la première édition, le paragraphe intercalaire suivant :

La robe qui porte la cheminée peut aussi s'élever ou s'abaisser, comme dans les lampes de Carcel, afin de placer le coude de la cheminée à la hauteur la plus favorable à la combustion; car la position du coude exerce, comme on sait, une influence très-notable sur [le développement et] la blancheur de la flamme.

adapte ordinairement aux becs pour contenir la tige qui porte u. Dans les becs à mèches concentriques, où la température est très-élevée, ces petits tuyaux remplis d'huile avaient l'inconvénient de laisser dégager une trop grande quantité de gaz, et de di- en outre le passage de l'air au même endroit : deux causes qui avaient en ce point un jet de flamme plus élevé que sur le reste

la chose la plus importante peut-être dans la construction du qui ne pouvait être déterminée que par l'expérience, c'était de l'intervalle entre les mèches concentriques de façon à produire bel effet possible. Si on les tient trop éloignées les unes des les flammes ne s'échauffent pas assez mutuellement et sont ; si on les rapproche trop, l'air n'arrive plus en quantité suf- pour la combustion, d'où résulte un grand allongement des ; elles rougissent aussi dans la partie supérieure et donnent mée. On remédierait à cet inconvénient en exhaussant suffi- la cheminée; mais le courant d'air deviendrait si rapide, partie notable de la vapeur d'huile serait entraînée sans avoir la combustion.

Arago et Fresnel n'ont pas eu besoin de tâtonnements nom- pour arriver à la solution du problème. Dès leurs premiers essais, été assez heureux pour rencontrer l'espacement convenable des ^(a). Le premier bec qu'ils ont fait construire, portant seulement mèches concentriques, a très-bien réussi. M. Kater, membre de la Royale de Londres, qui a assisté (en octobre 1819) à cette expérience, a pu juger de l'éclat et de la blancheur de sa lu- Il produit l'effet de cinq-lampes de Carcel, et ne fait guère que

expérience continue de près d'un demi-siècle, avons-nous déjà dit, n'a fait re- la nécessité d'aucune modification notable dans les calibres primitivement adoptés et Fresnel pour les mèches concentriques.

Le M. de Rumford avait annoncé sur les avantages économiques des becs à mèches multiples, sans confirmer entièrement cependant les grandes différences qu'il faisait espérer. Mais les becs à trois mèches à quatre mèches concentriques, que MM. Arago et Fresnel ont fait construire depuis, et qui donnent autant de lumière que dix et vingt lampes de Carcel, n'ont pas présenté d'économie constante et bien notable dans la dépense d'huile. En prenant des moyennes entre un grand nombre d'expériences, on a trouvé que la quantité d'huile consommée était à peu près proportionnelle à la quantité de lumière produite⁽²⁾.

M. Arago a proposé d'appliquer le bec qui porte seulement deux mèches concentriques à l'éclairage des phares où l'on emploie de grands réflecteurs paraboliques, pour en augmenter l'effet sans multiplier le nombre de ces réflecteurs. En le plaçant au foyer d'un miroir parabolique de 31 pouces d'ouverture, il a trouvé que l'intensité de lumière dans l'axe était une fois et demie aussi grande que celle que donnait le même réflecteur armé d'un petit bec, et que l'effet total (c'est-à-dire la somme des rayons divergents réfléchis horizontalement) était augmenté dans le rapport de 2,7 à 1. Ainsi l'on voit que, dans les appareils d'éclairage composés de réflecteurs semblables, on pourrait presque tripler leur effet actuel par la simple substitution de becs doubles à la place de ceux dont ils sont garnis, si l'importance du phare faisait passer par-dessus la considération d'une augmentation de dépense d'huile plus grande que l'accroissement de lumière.

Quant aux becs à trois mèches, et surtout à quatre mèches concentriques, ils consomment une trop grande quantité d'huile pour être

⁽¹⁾ Cette expérience n'ayant été faite qu'une fois, on ne peut pas répondre que le résultat obtenu puisse être considéré comme une mesure moyenne. [*Note ajoutée par l'auteur à sa première rédaction.*]

⁽²⁾ Il est nécessaire que l'huile surabondante qui s'écoule soit égale à celle qui se consomme, pour les becs à trois mèches, et

double de celle-ci dans les becs à quatre mèches. La surabondance pourrait être moins grande, à la rigueur; mais il y a beaucoup d'avantage à la porter à ce degré-là. On conçoit qu'on ne peut le faire commodément qu'à l'aide de pompes mues par un mécanisme d'horlogerie.

ne devient avantageuse que si on les place au centre du système
ulaire proposé par M. Fresnel, et dont M. le directeur général
nts et chaussées a ordonné l'exécution. Dans ce cas, il s'agit
unir en un foyer commun, et sous un petit volume, toutes les
es destinées à l'éclairage du phare; et c'est uniquement pour
re ce but que ces becs à trois et à quatre mèches ont été
és. Ils satisfont très-bien aux conditions du problème, par la
eur et l'intensité de la lumière qu'ils donnent, et ils simplifient
même temps le service du phare. Ils ont même l'avantage, comme
ience l'a démontré, de ne pas éprouver une diminution aussi
le de lumière que les becs ordinaires par la carbonisation des
s.

EXPLICATION DES PLANCHES.

EXPLICATION DE LA PREMIÈRE PLANCHE ^(a).

La figure 1 représente la coupe verticale de l'appareil lenticulaire, suivant son axe, et la figure 2, sa projection horizontale, prise immédiatement au-dessus des miroirs.

Dans la figure 1 on n'a coupé que l'armature, les lentilles et les miroirs; la lampe et la colonne sont simplement en élévation. Dans la figure 2 on a supprimé les traverses XX, YY de la figure 1, qui supportent et recouvrent les cadres des grandes lentilles, afin de laisser mieux voir celles-ci et de ne pas trop compliquer le dessin.

BABDEED, armature de fer qui porte les grandes et les petites lentilles avec leurs miroirs.

A, axe de l'armature, dont l'extrémité supérieure tourne entre trois petits galets horizontaux *gg*.

G, G, galets verticaux beaucoup plus forts, sur lesquels tourne l'appareil. Ces galets roulent sur une plaque de fonte soutenue par la saillie du chapiteau de la colonne creuse C'CC'.

L'extrémité inférieure C'' de cette colonne de fonte traverse la voûte de la plate-forme de la lanterne et y est scellée. L'extrémité supérieure C' porte la table de service TT, sur laquelle repose la lampe FVH, montée sur un pied de fer PP.

La partie supérieure V du réservoir contient l'huile, et la partie inférieure H, le mécanisme qui fait marcher les pompes.

^(a) Voyez planche IV.

par un trou pratiqué au milieu de la table de service.

oyer commun des grandes et des petites lentilles, répondant au centre quadruple, dont les bords supérieurs doivent être à 3 centimètres au-de ce point.

L, grandes lentilles annulaires à échelons; *l, l, l*, petites lentilles additionnelles formant une espèce de toit en pyramide octogonale tronquée au bec quadruple, dont la cheminée passe par l'ouverture supérieure pyramide.

M, M, M, glaces étamées qui ramènent dans des directions horizontales les lumineux réfractés par les petites lentilles. Ceux qui sont fournis par des lentilles sont tracés en lignes perlées et désignés par la lettre R, que ceux qui sortent des petites lentilles sont en lignes hachées et marqués par la lettre *r*.

DE sont les jambes de décharge de l'armature, qui reportent tout le poids de l'appareil sur le manchon EE. Ce manchon est fixé sur une roue dentée qui s'appuie sur les galets G, G, et engrène avec une autre roue dentée, au moyen de laquelle la machine de rotation N lui communique son mouvement. On a point dessiné ici cette machine en entier; on s'est borné à indiquer la direction du mouvement.

Il y a des liernes de fer qui relient entre elles les jambes de décharge de l'armature, et empêchent leur écartement.

EXPLICATION DES FIGURES DE LA SECONDE PLANCHE^(a).

Fig. 1. Plan d'un bec à deux mèches concentriques, produisant l'effet d'environ cinq lampes de Carcel, avec une légère économie dans la dépense d'huile.

Fig. 2. Plan d'un bec à trois mèches, qui équivaut à dix lampes de Carcel, pour l'effet et la dépense.

Fig. 3. Plan d'un bec à trois mèches dans lequel on a élargi le courant d'air central pour produire un plus grand volume de lumière. L'effet et la dépense de ce bec n'ont pas encore été mesurés. La mèche intermédiaire est un peu plus près de la mèche extérieure que de la mèche centrale, qui s'échauffe davantage.

Fig. 4. Élévation de ce bec.

Fig. 5. Plan d'un bec à quatre mèches, équivalant à peu près, pour l'effet et la dépense, à vingt lampes de Carcel. Les intervalles qui séparent les mèches et laissent passer les courants d'air diminuent un peu de largeur depuis la mèche centrale jusqu'à la mèche extérieure.

La coupe de ce bec quadruple est représentée dans la figure 6.

C, C', C'', C''' sont les crémaillères à l'aide desquelles on peut élever ou baisser chaque mèche.

AB est la projection horizontale du tuyau qui amène l'huile dans les quatre béc.

L, L, L, etc., sont de petites lames de fer-blanc par lesquelles les becs sont soudés les uns aux autres, et qui sont posées de champ pour ne pas gêner le passage de l'air.

P est une vis de pression qui sert à maintenir à la hauteur que l'on veut la robe RRR, qui porte la cheminée. Cette vis a l'inconvénient de déformer le bec quand on la serre trop; elle était nécessaire pour chercher la hauteur du coude la plus favorable à la blancheur de la lumière; mais cette hauteur une fois déterminée, il vaut mieux, pour l'usage ordinaire, que la robe du bec soit soudée.

^(a) Voyez planche V.

77. Détail de l'assemblage à l'encastrement du bec sur l'anneau fixe soudé à la tige de la crémaillère.

Toutes les figures ci-dessus sont dessinées sur une échelle de moitié.

8, sur une échelle d'un quart. Élévation du bec quadruple surmonté d'une cheminée E, portant une rallonge de tôle, F, qu'on peut allonger ou raccourcir à l'aide d'une crémaillère.

C'est bien préférable d'employer, au lieu de cette rallonge mobile, un obturateur au moyen duquel on augmente ou l'on diminue à volonté la vitesse du courant d'air, ainsi que nous l'avons fait remarquer [note de la page 129]. Nous regrettons que le temps ne nous ait pas permis d'en donner ici le dessin; mais on peut, à la rigueur, trouver tous les renseignements nécessaires dans la bibliographie citée.

M. Wagner, auquel on doit des perfectionnements intéressants dans la construction des lampes publiques, a fait des lampes à mouvement d'horlogerie qui montent quatre ou cinq centimètres d'huile par heure dans un bec quadruple de diamètre, et l'arrosent ainsi d'une quantité d'huile très-surabondante, puisqu'il en consomme au plus qu'une livre et demie par heure. Les poids qui élèvent l'huile sont mues par un ressort ou par un poids : dans le premier cas, le bec fonctionne six heures; dans le second cas, il peut

se prolonger pendant seize heures et plus, sans que l'horloge ait besoin d'être remontée. Les becs à deux et à trois mèches concentriques, qui pourraient être souvent appliqués avec avantage à l'éclairage des boutiques et des grandes salles, consommant beaucoup moins d'huile, M. Wagner fabriquerait aisément, pour ces becs, des lampes à poids ou à ressorts, qui fonctionneraient pendant la durée des plus longues soirées et même des plus longues nuits d'hiver, sans être remontées.

PROCÈS-VERBAL

DE L'EXPÉRIENCE FAITE, LE 20 AOÛT 1822, PAR LA COMMISSION DES PHARES,

SUR L'APPAREIL LENTICULAIRE À FEUX TOURNANTS

DESTINÉ À L'ÉCLAIRAGE DU PHARE DE CORDOUAN⁽¹⁾.

Le 20 août 1822, les membres de la Commission des phares soussignés se sont rendus à Notre-Dame de Montmélian, près de Mortefontaine, pour observer de ce lieu les effets de l'appareil lenticulaire placé sur l'arc de triomphe de la barrière de l'Étoile, à 16,400 toises de distance.

Quoiqu'il ne fût pas clair de lune, les circonstances atmosphériques étaient tout à fait défavorables qu'avantageuses au phare, à cause des vapeurs que la grande chaleur du jour avait élevées et qui formaient à l'horizon un brouillard assez sensible.

⁽¹⁾ A la minute de ce procès-verbal se trouve annexée la pièce suivante :

« PROGRAMME DE L'EXPÉRIENCE DU 20 AOÛT 1822.

« Le phare sera allumé à 8 heures.

« Il restera fixe et une des lentilles dirigée sur Montmélian jusqu'à 8 heures et demie.

« A 8 heures et demie il commencera à tourner jusqu'à 10 heures 10 minutes, avec une vitesse uniforme, donnant une révolution entière en 8 minutes, ce qui fera une minute d'intervalle entre les milieux ou les fins de deux éclats consécutifs.

« A 10 heures les flammes du bec seront abaissées de manière que leur hauteur moyenne n'excède pas celle du coude de la cheminée, et on les tiendra dans cet état jusqu'à 10 heures 10 minutes; après quoi on leur rendra leur longueur ordinaire, et on laissera le phare allumé jusqu'à 11 heures.

« A partir de 10 heures 10 minutes, on accélérera le mouvement de rotation de l'appareil, de manière que chaque révolution entière ne dure que 6 minutes, d'où résultera un intervalle de 45 secondes entre les fins de deux éclats consécutifs.

« A 11 heures on éteindra. »

provenant des grandes lentilles. La lumière était sensiblement rou-
ge à l'instant de son plus vif éclat : ce qui tenait sans doute au
millard dont l'horizon était couvert ; car la personne qui habite la
où se faisait l'observation a assuré avoir vu le même feu très-blanc
brillant lors des expériences précédentes.

Dans la première partie de l'expérience, la vitesse du mouvement de
l'appareil avait été réglée de manière que les éclats se succédassent
une en minute ; alors la durée moyenne de chaque éclipse était de
deux secondes, et celle de l'apparition de la lumière, de 20 secondes. Dans la
deuxième partie de l'expérience, où les éclats se succédaient de 45 en 45 se-
condes, les éclipses étaient de 30 secondes, et les éclats de 15 secondes. En un
mot, la durée de l'apparition était la moitié de la durée de l'éclipse.

En regardant le phare au travers d'un prisme de cristal de roche achro-
matique, qui donnait deux images suffisamment séparées, on a remarqué que
la durée de l'apparition de la lumière n'était presque pas diminuée, quoique
l'intensité fût ainsi réduite à moitié dans chaque image, et même à un peu
au-dessous de la perte occasionnée par les réflexions partielles sur les deux faces.
L'instant où l'éclat de la petite lentille finit et se renoue à celui de
la grande, qui présentait à l'œil nu un affaiblissement marqué, n'offrait pas
d'éclipse absolue au travers du prisme de cristal de roche.

En regardant le phare à travers deux prismes superposés et tournés
de manière à diviser la lumière en quatre faisceaux d'égale intensité, on aper-
cevait la première partie de l'éclat provenant de la petite lentille ; tan-
tôt on voyait très-bien la seconde partie, produite par la grande lentille,
tantôt dans chaque image un point lumineux assez brillant. Or chaque
image contenait que le quart de la lumière totale, diminuée encore par les
pertes provenant des quatre réflexions partielles sur les surfaces des deux

Signé : LE CONTRE-AMIRAL,

E. HALGAN.

DE ROSSEL.

CHIEF DU BUREAU GÉNÉRAL DES TRAVAUX MARITIMES,

L'INSPECTEUR GÉNÉRAL DES CONSTRUCTIONS NAVALES,

J. SGANZIN.

ROLLAND.

EXTRAIT DU MÉMOIRE

SUR

N NOUVEAU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE DES PHARES ^(a),

PAR M. AUGUSTIN FRESNEL,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

[*Bulletin de la Société philomathique*, cahier d'août 1822.]

Dans ce mémoire, lu à l'Académie des sciences le 29 juillet dernier [1822], M. Fresnel a décrit un appareil lenticulaire de son invention, destiné à l'éclairage des phares, et dont M. Becquey, directeur général des ponts et chaussées, a ordonné la construction, qui est maintenant terminée. Cet appareil consiste principalement en huit grands verres lenticulaires carrés de 0^m,76 de côté et de 0^m,92 de foyer, formant par leur réunion un prisme vertical à base octogonale, dont le centre est le foyer commun des huit lentilles. En ce point est placée une lumière unique qui éclaire le phare; elle est produite par un bec de lampe portant quatre mèches concentriques, lequel équivaut à dix-sept lampes de Carcel, pour la lumière qu'il donne et la quantité d'huile

^{a)} Cet Extrait, l'une des rares publications de l'auteur sur son nouveau système de phares, nous a paru devoir être reproduit comme offrant en peu de mots l'analyse complète du Mémoire N° VIII.

combustion a le plus d'activité. La description détaillée de ces sortes de becs et les moyens d'en régler la combustion ont été publiés par Arago et Fresnel, dans le cahier des *Annales de chimie et de physique* de mai d'avril 1821, et dans le numéro cciv du *Bulletin de la Société d'agriculture* [cahier de juin 1821]; ainsi nous nous dispenserons d'entrer dans aucun détail à ce sujet. Nous rappellerons seulement qu'il est nécessaire que les bords des becs à mèches multiples soient continuellement arrosés d'une quantité d'huile très-supérieure à celle qu'ils consomment. Cette huile surabondante est amenée dans le bec multiple de l'appareil en question, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, conçu et exécuté par M. Wagner avec son talent ordinaire. Elle tombe dans le réservoir de la lampe, d'où elle est puisée et portée par un nouveau dans les mèches, à l'imitation des lampes de Carcel.

Les rayons lumineux partis du foyer commun, et qui ne s'écartent pas du plan horizontal de plus de 22 degrés et demi en dessus et en dessous, sont réfractés par les huit lentilles et ramenés à des directions parallèles à leurs axes; car on sait que les verres lenticulaires ont, comme les miroirs paraboliques, la propriété de rendre parallèles les rayons divergents partis de leur foyer, et qu'en un mot ils font par réfraction ce que les miroirs paraboliques font par réflexion. Si l'objet lumineux placé au foyer commun des huit lentilles n'était qu'un point, et si de plus les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité des lentilles fussent parfaitement corrigées, les rayons qui sortent de chaque bec seraient exactement parallèles. Mais les dimensions de l'objet lumineux occasionnent une divergence d'où résulte, au lieu d'un faisceau lumineux, un cône lumineux dont l'étendue angulaire est de 6 degrés au lieu de 7 degrés, pour un bec quadruple de 0^m,09 de diamètre, tel que celui qui est employé dans cet appareil. Ces huit cônes lumineux sont donc entre eux des intervalles angulaires de 38 à 38 degrés au lieu de 40. En tournant autour de la lumière centrale, l'appareil lenticulaire promène sur tous les points de l'horizon les cônes lumineux et les ombres obscures qui les séparent, et présente ainsi à l'observateur

n'ont guère que le sixième de la durée de celles-ci.

On pourrait augmenter la durée des éclats ou la divergence des cônes lumineux, soit en augmentant le volume de l'objet éclairant, ce qui nécessiterait une plus grande dépense d'huile, soit en rapprochant ou éloignant les lentilles de leur foyer commun. Mais par ce dernier moyen on diminuerait l'intensité des éclats dans un bien plus grand rapport qu'on n'augmenterait leur durée; et si l'on doublait celle-ci, par exemple, on réduirait l'intensité au quart.

M. Fresnel a trouvé le moyen d'augmenter considérablement la durée des éclats sans accroître le volume de l'objet éclairant ou la dépense d'huile, et sans rien changer à la disposition des huit grandes lentilles, dont la lumière conserve toute son intensité. Pour cela il reçoit sur huit petites lentilles additionnelles, de 0^m,50 de foyer, les rayons qui passent par-dessus les grandes, et qui sans cela seraient perdus. Ces lentilles additionnelles forment au-dessus de la lampe comme une espèce de toit en pyramide octogonale tronquée. Les rayons qu'elles réfractent et concentrent en huit cônes lumineux sont ramenés à des directions horizontales par leur réflexion sur des glaces étamées placées au-dessus de ces lentilles additionnelles. La projection horizontale de l'axe de chaque petite lentille forme un angle de 7 degrés avec celui de la grande lentille correspondante, et le précède dans le sens du mouvement de rotation de l'appareil, de manière que l'éclat de la petite lentille précède celui de la grande avec lequel il se renoue. On a obtenu de cette manière, même pour une distance de 16,000 toises, des apparitions de lumière dont la durée était égale à la moitié de celle des éclipses ^(a).

Quant à l'intensité et à la portée de la partie de l'éclat produite par les grandes lentilles, il suffit, pour en donner une idée, de dire que, dans les observations géodésiques faites, l'automne dernier, sur les côtes de France et d'Angleterre, par MM. Arago et Mathieu, une len-

^(a) Voyez la note de l'éditeur sur le paragraphe 27 du Mémoire N° VIII, p. 113.

ne lunette, à cinquante milles de distance, ou dix-sept lieues, voyait très-bien à l'œil nu une heure après le coucher du soleil. Paraissait aussi brillante qu'un phare anglais à feu fixe situé à peu près dans la même direction, mais éloigné seulement de quinze milles et demi lieues.

On pourrait songer à diriger aussi vers l'horizon les rayons qui passent par-dessous les grandes lentilles, et à s'en servir pour prolonger la durée des éclats; mais il paraît difficile de le faire sans le service de la lampe, qu'il importe de rendre très-commode. M. Lenoir a donc préféré laisser ces rayons tomber directement dans la chambre, où ils ne seront pas tout à fait sans utilité en éclairant les parois du phare^(a).

La lampe repose sur une table fixe, que soutient une colonne de fonte qui porte en même temps sur la saillie de son chapiteau toutes les parties de l'appareil lenticulaire. C'est sur cette saillie que roulent les roues destinées à faciliter le mouvement de rotation qui, comme dans les autres phares à feux tournants, est produit par un poids et réglé par une horloge. Les pompes de la lampe sont mues par un poids beaucoup plus petit, qui descend dans l'intérieur de la colonne de fonte. Une lampe de sûreté, semblable à l'autre, mais à ressort et placée sur une table de service, pourra être allumée sur-le-champ et substituée à la lampe à poids, dans le cas où les pompes de celle-ci viendraient à éprouver quelque dérangement subit.

L'immobilité de la lumière centrale permet d'appliquer, avec la plus grande facilité, à cet appareil à feux tournants tous les perfectionnements mécaniques que l'expérience a apportés ou pourra apporter encore à la manière de produire la lumière. Si, l'on veut, par exemple, remplacer le phare au moyen du gaz provenant de la distillation des huiles usées, il suffira de faire passer par l'intérieur de la colonne une conduite en fer ou en cuivre communiquant par son extrémité inférieure avec le

cing ou six flammes concentriques.

Il était essentiel de diminuer autant que possible l'épaisseur des verres lenticulaires, afin que leur poids ne fatiguât pas trop la machine de rotation, qui fait tourner le système, et que les rayons lumineux qui les traversent n'éprouvassent pas un affaiblissement trop sensible. Pour cet effet, les lentilles ont été faites à *échelons*, c'est-à-dire que les anneaux concentriques dont elles sont composées, au lieu d'être terminés par une surface sphérique continue, forment des ressauts ou échelons; et la courbure ainsi que l'inclinaison de la surface extérieure de ces anneaux relativement à la surface tournée du côté du foyer, qui est plane, ont été déterminées de manière à rendre parallèles à l'axe de la lentille les rayons émergents partis de son foyer. C'est Buffon qui a eu le premier l'idée des lentilles à échelons; mais il les supposait faites d'un seul morceau de verre, ce qui rend leur exécution presque impraticable; par la difficulté d'user et de polir la surface du verre avec de pareils ressauts; tandis que les anneaux des lentilles de M. Fresnel sont travaillés séparément, puis collés bord à bord. Chaque anneau n'est pas même d'une seule pièce, mais composé de deux, trois ou quatre grands arcs de cercle, selon l'étendue de leur diamètre, à cause de la difficulté qu'on éprouve à couler de pareils prismes courbes, quand leur longueur excède dix-huit pouces ^(a). De cette manière la fonte des anneaux et leur travail deviennent aussi faciles que ceux des verres ordinaires d'optique.

Buffon avait supposé que les surfaces courbes des divers anneaux qui composent une même lentille à échelons devaient être sphériques et concentriques; mais le calcul apprend que les arcs générateurs des surfaces qu'il convient de donner aux anneaux pour la réunion des rayons au foyer, non-seulement n'ont point le même centre, mais que leurs centres ne sont pas situés sur l'axe de la lentille; en sorte qu'en

^(a) Les progrès de la fabrication ont permis depuis de couler d'une seule pièce et de tailler au tour les plus grands anneaux des panneaux dioptriques.

ces, mais des surfaces du genre de celles qu'on appelle *annu-*
esquelles ne peuvent pas être travaillées dans des bassins par
dé ordinaire. Celui qu'emploie M. Soleil, opticien, qui a entre-
construction de ces grandes lentilles, a le double avantage de
de et de l'économie. Il lui a été indiqué par M. Fresnel.

pareil que nous venons de décrire donne des éclats plus longs
coup plus brillants surtout que ceux des phares éclairés par
nds réflecteurs accouplés. Il résulte des expériences compara-
tes par MM. Arago, Mathieu et Fresnel sur les lentilles carrées
6 et sur des réflecteurs de 28 à 30 pouces de diamètre, les
nds qu'on ait employés jusqu'à présent dans l'éclairage des
que la somme totale des rayons concentrés dans le plan hori-
u *l'effet utile* des huit grandes lentilles éclairées par le bec qua-
est trois fois plus grand que celui des huit réflecteurs de
es d'ouverture portant chacun un bec ordinaire à double cou-
ir. Si donc on ajoute aux rayons fournis par les grandes lentilles
e donnent les petites lentilles additionnelles, on voit que l'ap-
enticulaire complet doit produire un effet plus que triple de
on obtient avec huit réflecteurs de 30 pouces; or la dépense
est à peine accrue dans la même proportion que l'effet utile,
lire que la lumière produite est employée avec autant d'écono-
moins dans cet appareil lenticulaire que dans les plus grands
urs armés des plus petits becs. De plus, le poids total de l'ap-
enticulaire n'excède que d'un huitième environ celui d'un phare
é de huit réflecteurs pareils, et le prix n'est augmenté que des
ers environ, tandis que l'effet est triplé.

un autre avantage bien important des lentilles, et qui suffirait
ur faire donner la préférence, lors même qu'elles ne produiraient
effets supérieurs à ceux des réflecteurs, c'est l'inaltérabilité du
la durée de son poli. Leur entretien sera presque nul, et leur
ge donnera beaucoup moins de peine aux gardiens que celui des
urs, qu'il faut frotter souvent avec du rouge d'Angleterre pour

le centre est éloigné des grandes lentilles de près d'un mètre, qu'elles ne seront point exposées aux taches d'huile, comme les réflecteurs qui portent les becs de lampe dans leur intérieur; en sorte que, le plus souvent, il suffira de les épousseter avec un plumeau, et l'on aura rarement besoin de les essuyer. Ainsi elles conserveront presque indéfiniment la puissance d'effet qu'elles ont en sortant de l'atelier de l'opticien; tandis que les réflecteurs ne tardent pas à se ternir et à se dépolir, et il doit même arriver souvent que, par un peu de négligence de la part des gardiens, ils n'ont pas tout le brillant dont ils sont encore susceptibles. Il faut d'ailleurs les argenter de nouveau de temps en temps, et les lentilles n'exigent aucun entretien équivalent.

La construction de ces grandes lentilles ne sera pas seulement utile à l'éclairage des phares; elle servira sans doute aussi à l'avancement de la science. Elle lui fournit un instrument puissant avec lequel on pourra soumettre à la plus vive chaleur, dans l'intérieur d'un ballon de verre, des corps qu'on voudra fondre ou volatiliser en les soustrayant à l'action de l'air, ou en les mettant en contact avec un autre gaz. Beaucoup d'expériences qui ne pourraient être faites ni avec le chalumeau ordinaire, ni avec celui de Newmann, le seront facilement de cette manière. Peut-être devra-t-on par la suite à ces grands verres ardents des découvertes aussi surprenantes que celles dont la pile de Volta a enrichi la chimie.

S'ils rendent des services importants aux savants, et surtout aux navigateurs, on en sera redevable au zèle éclairé avec lequel M. Becquey accueille toujours les inventions utiles et sait en hâter les perfectionnements ^(a).

^(a) Suit, dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, une *Explication des figures*, qui n'est que la répétition presque textuelle de celle du N° VIII (p. 133), et que nous avons en conséquence supprimée. — Jugeant d'ailleurs inutile de reproduire les deux éditions de la planche [IV], nous avons pris pour modèle celle du Bulletin comme la plus complète.

APPENDICE AU MÉMOIRE

SUR

UN NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES^(a).

N° X (A).

NOTE

SUR L'APPAREIL LENTICULAIRE À FEUX TOURNANTS

IMAGINÉ PAR M. AUGUSTIN FRESNEL.

[Adressée au major Colby, le..... 1823 ^(b).]

Cet appareil lenticulaire a l'avantage de produire des feux beaucoup plus brillants que les autres appareils d'éclairage à réflecteurs para-

^(a) Nous reproduisons, comme appendice au Mémoire N° VIII, plusieurs pièces détachées. Les trois premières avaient été réunies par l'auteur dans une même enveloppe avec cette suscription : *Notes sur les prix, les avantages et les effets des appareils lenticulaires*. Elles présentent, avec d'inévitables redites, quelques observations intéressantes, qui ne pouvaient ni être produites isolément. Nous plaçons à la suite de ces Notes un court extrait emprunté aux registres de calculs d'Augustin Fresnel, et relatif à la détermination des éléments des lentilles polyzonales.

^(b) Le major Colby, à qui furent adressées les deux Notes (A) et (B), en réponse à ses questions sur le nouveau système de phares, avait été chargé, conjointement avec MM. Kater, Babbage et Mathieu, de rattacher la mesure de la méridienne de France à la triangulation

que la lanterne de phare dans laquelle on le place ait 3 mètres de diamètre pour que le service puisse se faire commodément. Quant à la lentille, elle est de 2 mètres à partir du dessous des lentilles, et pas ainsi, dans le vitrage de la lanterne, plus d'étendue qu'il n'en a ordinairement. Il est seulement nécessaire que la lentille ou son soubassement présente au-dessous des lentilles une ouverture de . . . [3 mètres environ], pour y placer le reste de l'appareil de la machine de rotation.

Comparé aux réflecteurs anglais de 20 pouces d'ouverture, l'appareil lenticulaire produit un effet équivalent à celui de trente-cinq réflecteurs pareils, en tenant compte à la fois et de la vivacité de la lumière et de l'étendue des angles éclairés, c'est-à-dire de la somme des rayons lumineux que l'appareil, en tournant, envoie dans toutes les directions du navigateur.

Les lentilles, à l'instant de leur maximum d'éclat, donnent une lumière sept fois et demie aussi vive que les réflecteurs anglais, en tenant compte même à ceux-ci une lampe meilleure que celle qui nous a été fournie d'Angleterre. La lumière des lentilles est en même temps plus blanche.

Suite d'une observation faite sur l'appareil lenticulaire à 25,000 toises de distance (environ 6 lieues de poste de France) que, lorsque l'on compte de temps compris entre les milieux de deux éclats consécutifs de 3 secondes, la durée de chaque éclat est de 10 secondes, et la durée de l'éclipse de 58 secondes, c'est-à-dire que la durée de l'éclat est seulement le sixième de celle de l'éclipse.

Le service d'un appareil additionnel éclairé par la même lampe, et qui occasionne ainsi aucune augmentation dans la dépense d'huile,

d'Angleterre. Dans cette opération géodésique exécutée en 1821 et 1822, on se servit, la nuit, d'une lentille polyzonale illuminée par un bec à mèches concentriques; frappé de la puissance de cet appareil, s'était proposé sans doute d'en provoquer l'usage pour l'éclairage des côtes britanniques.

peut doubler la durée de ces éclats et les porter à 20 secondes⁽¹⁾. N° X (A).
rs les éclipses ne sont plus que de 48 secondes, c'est-à-dire qu'elles
nt plus que deux fois et demie la durée de ces éclats. Cet appareil
ditionnel n'augmente le poids du système et son prix que d'un cin-
ème environ.

M. Soleil, opticien, chargé par M. Becquey, directeur général des
ts et chaussées, de la construction des phares lenticulaires, s'en-
e à fournir à Monsieur le major Colby un appareil complet, y
pris les lentilles de rechange, les lampes et l'armature de fer
gé, pour la somme de 25,000 francs. On ne comprend pas ici la
chine de rotation, que Monsieur le major préférera peut-être faire
cuter en Angleterre. — Prise à Paris, chez M. Wagner, elle coûte-
t de 3,000 à 3,500 francs.

Si Monsieur le major Colby ne jugeait pas nécessaire de prolonger
delà de 10 secondes la durée des éclats, le phare lenticulaire, sans
appareil additionnel, lui coûterait seulement 20,600 francs.

M. Soleil, ne pouvant s'occuper de la construction de cet appareil
après avoir terminé celui qui lui a été commandé pour le phare
Cordouan, ne pourrait guère achever le second avant le mois de
tembre prochain [1823]. Peut-être sera-t-il fait plus tôt; mais il
serait s'engager à le livrer à Monsieur le major Colby avant cette
oque.

L'éclairage au gaz peut être substitué sans difficulté à l'éclairage
huile dans l'appareil lenticulaire; mais il serait toujours prudent
voir des lampes, pour le cas où, par un accident, le gaz viendrait à
nquer.

Si Monsieur le major Colby fait à M. Soleil la commande d'un phare
tculaire, et désire y appliquer l'éclairage au gaz, je lui communi-
erai très-volontiers mes idées et les résultats de mes expériences à

) Il s'en faut de beaucoup cependant
la quantité totale de lumière soit dou-
, parce que celle qui forme ce prolonge-
ment de l'éclat est bien plus faible que celle

du maximum; mais elle a assez de vivacité
pour être aperçue à 6 lieues, et sans doute
à des distances plus considérables, même
par un beau clair de lune.

desquelles je crois pouvoir compter d'avance.

Je prie Monsieur le major Colby de vouloir bien m'accuser réception de la présente note, en me faisant savoir s'il se décide à demander à M. Soleil un verre lenticulaire.

Paris, le 1823.]

NOTE

SUR LE PRIX ACTUEL DES PHARES LENTICULAIRES ^(a).

Lorsque Monsieur le major Colby demanda des renseignements sur le prix des appareils lenticulaires destinés à l'éclairage des phares, je lui indiquai des prix un peu élevés, parce qu'à cette époque l'opticien qui fabrique ces grandes lentilles, M. Soleil, ne croyait pas pouvoir les donner à meilleur marché. Il a reconnu maintenant, par l'expérience, que les procédés de fabrication qu'il emploie, et que je lui ai suggérés, lui permettaient de vendre ses lentilles à des prix beaucoup plus modérés.

Voici une estimation approximative d'un grand appareil lenticulaire à feux tournants :

Neuf grandes lentilles annulaires, y compris celle de rechange, ayant chacune 0,76 en carré, à 1,200 fr. chacune, avec le cadre de cuivre, coûteront	10,800 ^f
Neuf petites lentilles additionnelles, y compris celle de rechange, à 33 fr. 33 cent. chacune avec leurs glaces étamées.....	3,000
Total pour la partie optique de l'appareil fournie par M. Soleil.	<u>13,800^f</u>

Voici maintenant le détail estimatif qui m'a été présenté par M. Wagner, mécanicien, pour les autres parties de l'appareil :

Armature de fer qui porte tout l'appareil lenticulaire.....	4,000 ^f
Machine de rotation, de cuivre.....	3,000
Échappement de rechange, quadruple.....	200
A reporter.....	<u>7,200</u>

^(a) Complément de la Note précédente.

ne de fonte de 2 ^m ,4 ou 2 ^m ,5 de longueur.....	500
e de service, avec sa monture de fer.....	160
s de communication de la machine de rotation à l'appareil...	340
ariot à galets sur lequel tourne l'appareil.....	250
le pivot du haut, ou croisillon de fer monté avec galets.....	50
grandes lampes portant chacune un bec à quatre mèches concen- dans lequel l'huile est amenée par un mouvement d'horlogerie.	2,000
Dans l'une de ces lampes les pompes sont mues par un poids l'autre par un ressort. C'est la première qui servira habituelle- seconde est destinée à la remplacer en cas d'accident.	
Montant des objets fournis par M. Wagner.....	10,500 ^f
Montant de la partie optique de l'appareil fournie par M. Soleil	13,800 ^f
Prix total de l'appareil.....	24,300 ^f

me j'ai sans doute omis dans ce détail quelques objets acces-
on peut porter à 25,000 francs la dépense totale pour l'acqui-
le l'appareil complet à feux tournants.

rix serait le même si aux huit grandes lentilles on substituait
emi-lentilles, en les combinant avec les lentilles additionnelles,
je l'ai indiqué dans mon mémoire, page 27^(a).

pourrait faire aussi avec des lentilles un phare à feu fixe, qui
égalemeut supérieur aux phares composés de réflecteurs et ne
ait que 22,000 francs, ou peut-être seulement 21,000 francs,
qu'on n'aurait plus besoin de machine de rotation. La forme et
osition des lentilles seraient déterminées d'après l'étendue angu-
horizon qu'il s'agirait d'éclairer; et dans le cas où cet angle ne
que la moitié ou les deux tiers de la circonférence, il pourrait
qu'il y eût encore une diminution notable dans les frais de
eil.

aris ce 19 mars 1823.

A. FRESNEL.

rez N° VIII, note de l'auteur sur le paragraphe 40, p. 122.

RÉPONSE

LES QUESTIONS CONTENUES DANS LA NOTE ADRESSÉE PAR M. LE BARON FAGEL,

MINISTRE PLÉNIPOTENTIAIRE DES PAYS-BAS,

À SON EXC. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR ^(a).

[3 mai et 1^{er} septembre 1824.]

[M. Soleil, opticien, passage Feydeau, est l'artiste qui a fabriqué des lentilles et, en général, toute la partie optique de ces nouveaux appareils d'éclairage.

M. Wagner, horloger mécanicien, rue du-Cadran, a construit l'appareil qui porte l'appareil établi l'année dernière dans la tour de Cordouan, et l'horloge qui règle son mouvement de rotation. C'est aussi dans les ateliers du même artiste qu'ont été faites les grandes lampes à mouvement d'horlogerie employées à l'éclairage de ce phare.]

DÉTAIL ESTIMATIF D'UN APPAREIL DIOPTRIQUE À FEUX TOURNANTS TEL QUE CELUI DE CORDOUAN.

Chaque grande lentille annulaire, ayant 0^m,76 en carré, coûte avec son cadre de cuivre 1,200 francs. Il en faut neuf, dont une de rechange. 10,800^f

Les lentilles moyennes, ou demi-lentilles, ayant la même hauteur verticale et une largeur moitié moindre, reviennent à 600 francs; mais on en faudrait mettre seize autour de la lumière centrale, et si l'on en avait deux pour rechange, on voit que la dépense serait la même.

A reporter. 10,800.

^(a) La minute de cette réponse aux questions du ministre des Pays-Bas présente des lacunes et des additions qu'explique ce second titre à l'encre rouge:

Note à joindre à mon Mémoire sur les phares dioptriques.

Nous reproduisons intégralement la première rédaction, en indiquant par des crochets les passages ou mots retranchés, et par des parenthèses les additions ou corrections de l'auteur. Voyez la lettre à M. Maritz, du 17 mai 1824, N° XXVIII¹².)

lampes portant trois mèches concentriques et dont les pompes es, soit par un poids, soit par un ressort, coûtent 600 francs. ampe à trois mèches, placée au centre d'un appareil aussi grand i de Cordouan, donnerait des éclats trop courts, à cause du olume de sa flamme. Pour illuminer convenablement l'appareil ion, il faut un bec à quatre mèches, qui brûle 6,000 livres ar an. Les lampes capables d'alimenter un pareil bec coûtent rancis, avec leur mouvement d'horlogerie à poids ou à ressort. assurer complètement la régularité du service, il est nécessaire ir trois, afin qu'il en reste toujours une de rechange au phare, n envoie l'une d'elles chez l'horloger pour la faire nettoyer.	
trois grandes lampes coûteront	3,000
armature de fer forgé qui porte les lentilles verticales et les petites additionnelles, dans le phare de Cordouan, a coûté	4,000
bonne de fonte et la table de service qui portent l'appareil et la armature de fer de cette table et le chariot à galets sur lequel l'appareil coûtent ensemble	1,224
logage de cuivre qui règle le mouvement de rotation de l'appa- reil	3,000
roues, poulies, roues d'angle, pour établir la communication de mouvement entre l'appareil et l'horloge, pièces de rechange, ensemble.	552
le phare de Cordouan, on a ajouté au système tournant un à feu fixe, qui n'exige point de lampe nouvelle pour l'illuminer, recueillir et à renvoyer vers l'horizon les rayons passant par les grandes lentilles. Cet appareil, qui produit le même effet qu'un bec de quinquet, sans exiger la moindre augmentation de dépense d'huile, a coûté	2,686
de la dépense nécessaire pour l'acquisition d'un phare lenticu- laire semblable à celui de Cordouan	28,262 ^f

. On n'a point employé de verres colorés dans les phares de France^(a).]

Le moyen de distinction a été ultérieurement appliqué à quelques feux secondaires,
et aux entrées de ports.

seconde qu'un phare à feu fixe, de mêmes dimensions que l'appareil N° 1 (8).
L'appareil tournant de Cordouan, coûterait environ 23,000 francs, et que, étant
éclairé par la même lampe, il donnerait de tous côtés une lumière
équivalente à 300 becs de quinquet. Avec le gaz d'huile on pour-
rait porter cette intensité jusqu'à 4 ou 500 becs de quinquet.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

L'appareil à feu fixe ajouté au feu tournant de Cordouan a au
moins, en temps ordinaire, quatre lieues marines de portée; en sorte
qu'à cette distance on ne perd pas le phare de vue pendant les éclipses.
Il est spécialement destiné à donner aux marins la faculté de recon-
naître à chaque instant la position de la tour de Cordouan, lorsqu'ils
sont dans le voisinage des écueils dont elle est entourée. Les grandes
lentilles du feu tournant, à l'instant de leur *maximum* d'éclat, pro-
duisent une lumière équivalente à 2,700 becs de quinquet : ainsi
le feu fixe dont nous venons de parler a un éclat trop inférieur à
celui-là pour ôter au phare le caractère de feu tournant à éclipses; il
empêche seulement que les éclipses ne soient absolues dans un cercle
de quatre lieues de rayon, et au delà prolonge un peu la durée des
apparitions.

J'ai abandonné le projet d'augmenter la durée des éclats par l'appa-
reil mobile suspendu sous les grandes lentilles ^(a), que j'avais indiqué
dans le mémoire imprimé ci-joint; parce que, en y réfléchissant da-
vantage, j'y ai trouvé plusieurs inconvénients. Il me paraît bien pré-
férable de rendre fixe cet appareil additionnel, et de le faire reposer
sur le bord de la table de service, comme à Cordouan.

Dans le phare de Cordouan, la durée des apparitions est de 20 se-
condes, et celle des éclipses de 40 secondes, à la distance de sept
lieues. Ce feu a été vu à onze lieues marines; mais alors on n'aper-
cevait plus que la portion la plus brillante des éclats des grandes

^(a) Voyez le *post-scriptum* du Mémoire N° VIII, p. 125.

des.
n consentait à sacrifier une partie de la vivacité de ces éclats
durée, on pourrait rendre les apparitions égales aux éclipses,
distance moyenne de sept lieues marines, à l'aide d'un petit
additionnel, que je viens d'imaginer et que j'estime devoir
1,000 à 1,200 francs ^(a). Je pense que cette modification du
Cordouan serait agréable aux marins.

Obtiendra le même résultat, sans diminuer l'intensité de la lu-
mière en appliquant le gaz d'huile à l'éclairage de ce phare, comme
nous de nous en assurer par l'essai d'un bec à gaz portant cinq
verres concentriques ^(b). Ce bec consomme par heure 25 pieds
cubes de gaz, c'est-à-dire près de deux livres et demie d'huile, tandis
qu'une lampe à quatre mèches ne brûle qu'une livre et demie d'huile.
On peut fabriquer le gaz avec des huiles de rebut, ou de mau-
vaises; en sorte qu'il y aurait [plutôt économie qu'accroisse-
ment d'accroissement) de dépense. L'emploi du gaz procurerait
l'avantage d'avoir des flammes d'une hauteur constante pendant
la durée des nuits, sans exiger de soin de la part des gardiens;
et avec la lampe il faut, dans les longues nuits d'hiver, exciter
trois fois les flammes, en tournant un peu l'obturateur de la
lanterne.

On a observé à Cordouan, cet hiver, qu'il était inutile de faire du
feu sous la lanterne pour empêcher l'huile de geler, et que l'huile
qui retombe sans cesse du bec dans le réservoir réchauffait
celui du réservoir pour qu'elle fût tiède le matin. Quoique le froid
est beaucoup plus rigoureux sur les côtes de la Hollande; il est pro-
bable que la même huile, c'est-à-dire de l'huile de colza épurée, res-

semble appartenir à un appareil additionnel composé de lentilles cylindriques qui
sont disposées autour de la flamme focale, combinaison embarrassante pour le service
de la lampe. — Fresnel paraît avoir bientôt renoncé. — Voyez à ce sujet notre seconde note
du 21 juillet 1824, à M. Maritz (N° XIV).

Observations faites à l'hôpital Saint-Louis, du mois d'avril au mois d'août 1824 (N° XXII).

de la faire un peu chauffer avant de la verser dans le réservoir.

Les grandes lentilles de 0^m,76 en carré donnent une lumière plus brillante qu'il n'est nécessaire dans les circonstances ordinaires, et nous pensons que celle des demi-lentilles a un éclat bien suffisant. Or un phare composé de seize demi-lentilles offre l'avantage d'un retour plus fréquent des éclats et permet d'en prolonger la durée sans trop augmenter celle des éclipses, en ralentissant le mouvement de rotation. Un appareil portant seize demi-lentilles et huit petites lentilles additionnelles, éclairé par la lampe à quatre mèches, donne en somme presque autant de durée de lumière que d'obscurité. En faisant précéder, de deux en deux éclats, celui d'une demi-lentille par celui d'une lentille additionnelle, ce phare présente le caractère particulier des éclats alternativement longs et courts. C'est un moyen de distinction très-préférable, selon nous, à l'emploi des verres rouges, qui absorbent les deux tiers au moins de la lumière. Si l'on voulait avec seize demi-lentilles avoir des éclats égaux entre eux, il faudrait diviser en deux les petites lentilles additionnelles, afin qu'elles fussent aussi au nombre de seize, ce qui obligerait de les agrandir un peu. Alors les éclats seraient égaux aux éclipses, si l'on illuminait l'appareil avec la lampe à quatre mèches, et plus longs en employant le bec à gaz dont nous venons de parler.

On pourrait encore augmenter la durée des éclats en diminuant les dimensions de l'appareil, en les réduisant à moitié, par exemple; ce qui diminuerait de beaucoup les frais d'acquisition. Mais si l'on obtenait ainsi des éclats deux fois plus longs, on les rendrait quatre fois plus faibles, d'où résulterait au fond une perte de lumière plus considérable que l'économie qu'on aurait faite sur le prix de l'appareil; car la grande dépense est celle de l'huile, puisqu'elle s'élève chaque année à 50 ou 6,000 francs, et équivaut ainsi à une avance de fonds de plus de 100,000 francs. Il faut donc tirer tout le parti possible de l'huile qu'on brûle. Si l'on diminuait les dimensions de l'appareil, il faudrait aussi diminuer le diamètre du bec qui l'illumine. On pourrait faire et

huile, pour les phares du deuxième ou du troisième ordre. Le Soleil ne serait pas en mesure actuellement d'en exécuter les verres lenticulaires, n'ayant pas encore établi les machines nécessaires ⁽¹⁾, tandis qu'il pourrait livrer, quatre ou cinq fois sur la commande, un appareil semblable à celui de Cordouan, composé de seize demi-lentilles, tel que celui qui a été exposé au Salon de l'année dernière.

Le Soleil a apporté plusieurs perfectionnements dans la construction des phares à échelons. Au lieu d'en réunir les pièces avec la colle de résine, comme les grandes variations hygrométriques de l'air peuvent faire craquer, il emploie maintenant pour cet objet le lut avec lequel on joint les glaces des cuves pneumatiques destinées à contenir de l'air comprimé. Il assure complètement la solidité de l'assemblage par de petites rondelles de cuivre, qui sont encastrées à la fois dans les deux verres, de sorte qu'elles servent à réunir.

Les principaux avantages des appareils dioptriques dits *lenticulaires* sont :

1° Ce qu'ils exigent fort peu d'entretien et ne sont pas sujets, comme les réflecteurs métalliques, à perdre une grande partie de leur efficacité par l'action de l'air et de l'humidité, ou la négligence des gardiens.

2° Ce qu'ils donnent, pour la même quantité d'huile consumée, plus de lumière que les réflecteurs paraboliques. Ainsi, par exemple, il résulte des expériences comparatives faites à l'Observatoire

que le Soleil vient de construire un petit phare fixe du troisième ordre, qui éclaire tout l'horizon, et qui a parfaitement rempli mon attente. Quoiqu'il n'ait qu'un diamètre de 1 mètre, illuminé par un bec de gaz, qui équivaut à 4 $\frac{1}{2}$ lampes, il produit l'effet de 48 lampes. Dans les huit angles du polygone, les réflecteurs interceptent une partie de

la lumière, elle équivaut encore à 23 lampes de Carcel. Ce petit appareil ne coûtera environ, avec sa lanterne, que 4,500 francs.

[*Note additionnelle.*] (Cet opticien s'occupe en ce moment de faire construire les machines nécessaires pour fabriquer des phares dioptriques de diverses dimensions, d'après les dessins que je lui ai donnés.)

illuminées par une lampe à quatre mèches, envoient autant de lumière vers l'horizon que trente-cinq réflecteurs anglais de 20 pouces d'ouverture; et ce n'est pas la totalité de la lumière fournie par l'appareil dioptrique, puisqu'on n'a pas compris dans ce calcul la lumière des lentilles additionnelles situées au-dessus des grandes lentilles, ni celle de l'appareil à feu fixe, qui repose sur la table de service. Or la lampe à quatre mèches ne consomme qu'une livre et demie d'huile par heure, c'est-à-dire la même quantité d'huile que vingt-deux becs de quinquet; tandis que les trente-cinq réflecteurs exigeraient trente-cinq becs semblables. On voit donc que le nouveau système apporte une grande économie dans l'emploi de la lumière.

Paris, le [3 mai] (1^{er} septembre) 1824.

A. FRESNEL.

[M. Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées, membre de l'Académie des sciences et secrétaire de la Commission des phares, rue des Fossés-Saint-Victor, n° 19.]

NOTES

SUR LE CALCUL DES LENTILLES ÉCHELONNÉES.

[Extraites des minutes de calculs d'A. Fresnel.]⁽¹⁾CALCULS RELATIFS À LA GRANDE LENTILLE DE 0^m,76 DE CÔTÉ.

POUR LA LONGUEUR FOCALE D'UNE LENTILLE PLAN-CONVEXE, LE PLAN ÉTANT DU CÔTÉ DU Foyer.

formule rapportée page 86 de l'*Optique* de Lacaille devient,
 si R et d sont infinis],

$$x = \frac{pqr + eq^2 - epq}{p^2 - pq},$$

faisant pour cette publication le triage des manuscrits de Fresnel relatifs aux phares, nous d'abord écarté les calculs de lentilles comme peu utiles à reproduire, même dans le recueil de ses œuvres. Il est facile en effet de déduire des formules des méthodes plus ou moins approximatives pour déterminer le profil générateur de lentilles dioptriques échelonnées; et quant aux détails un peu confus concernant les lentilles *polygonaux* composées d'éléments à courbure sphérique, ils étaient de peu d'intérêt depuis que l'inventeur était arrivé à faire exécuter sous forme annulaire concentriques de ses plus grands panneaux lenticulaires. Toutefois un nouvel examen de ces documents a rappelé notre attention sur quelques notes intercalaires qui nous ont servi d'ébauche d'une rédaction destinée à prendre place dans un nouveau mémoire sur l'éclairage des phares. Nous avons donc cru devoir annexer ces fragments aux diverses parties de l'appendice du Mémoire N° VIII. Nous n'avons d'ailleurs emprunté à la collection de calculs que les formules et les résultats, en rétablissant au besoin les transitions par des mots additionnels entre crochets [], et nous y avons joint les croquis, où l'auteur a indiqué les proportions à la clarté.

La méthode suivie dans ces calculs peut être ainsi résumée: Fresnel, n'ayant en vue qu'une application pratique, a basé son étude sur ces deux considérations:

1° La taille des verres optiques ne pouvait s'exécuter, pour ses appareils de phares, avec la précision requise, que sous la forme circulaire comprenant les surfaces sphériques et planes;

2° L'aberration de sphéricité pourrait être suffisamment corrigée dans ses lentilles annulaires, en égard au peu de largeur de leurs zones relativement au volume de la flamme.

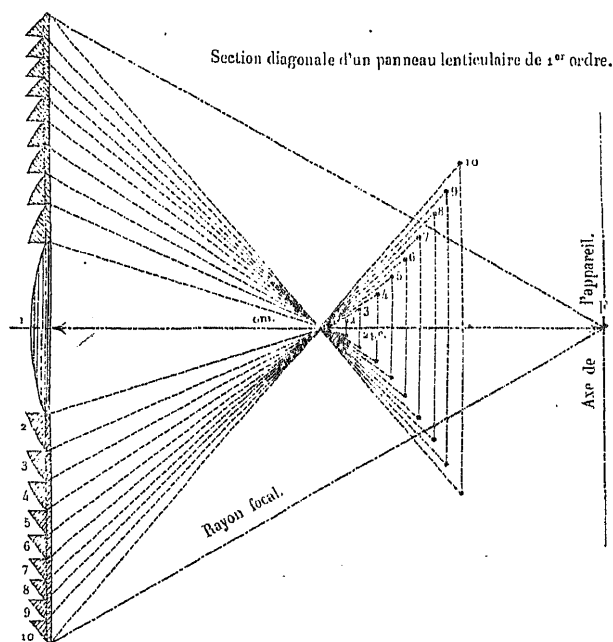
Le rayon de l'arc de cercle du disque central devait résulter d'une moyenne à prendre

$$x = \frac{q}{\frac{p^2}{q^2} - \frac{p}{q}};$$

entre deux rayons de courbure : celui que donne la formule relative à l'émergence parallèle à l'axe pour les incidences qui s'en écartent peu, et le rayon de courbure qui satisfait au même parallélisme pour les incidences répondant au contour du disque.

Pour les zones annulaires il fallait déterminer les deux angles réfringents répondant aux deux arêtes extérieures, d'après la même condition de l'émergence des rayons focaux parallèlement à l'axe de la lentille. De là se déduisait la position des tangentes aux deux bords de l'anneau, et conséquemment la longueur du rayon de courbure ainsi que les coordonnées de son centre. La solidité des assemblages nécessitait d'ailleurs un petit sacrifice de lumière en raison de l'épaisseur de 5 à 8 millimètres à donner au bord mince des anneaux concentriques ; et en conséquence les panneaux lenticulaires ont été renforcés du côté intérieur par une surépaisseur de verre, dont il a été tenu compte dans les calculs.

Le profil ci-dessous d'une grande lentille de 0^m,92 de foyer a été dressé d'après les résultats des calculs de Fresnel, à l'échelle de 0^m,08 pour mètre. On y a joint le tableau des



NOMBRES.	RAYONS exté- rieurs des zones.	COORDONNÉES des centres de courbure.		LONGUEURS des rayons de cour- bure.
		Abs- cisses.	Ordon- nées.	
1	140,00	454,79	0,00	483,50
2	208,15	488,55	13,08	543,60
3	262,40	513,18	31,72	598,62
4	309,20	540,81	57,00	659,77
5	350,50	565,27	84,86	719,84
6	387,44	588,00	114,93	779,48
7	422,23	614,35	151,50	846,45
8	456,23	636,90	189,55	911,30
9	490,00	660,11	230,17	980,30
10	523,23	683,41	280,60	1057,70

rayons de courbure et des coordonnées de leurs centres, pour éviter de surcharger la figure de cotes. — [Les abscisses sont rapportées au plan extérieur de la lentille.]

représentant $\frac{1}{q}$ par t , on a

$$x = \frac{tr - e(t-1)}{t^2 - t} = \frac{r}{t-1} - \frac{e^{(a)}}{t}.$$

la première lentille construite, la courbure de la lentille centrale, était de 366^{mm} , et e de $15^{\text{mm}} + 7^{\text{mm}}$ (je suppose).

La note de M. Biot, dans ce crown-glass t serait égal à $1,51$, conséquent $t-1$ à $0,51$; dans cette hypothèse,

$$x = \frac{366^{\text{mm}}}{0,51} - \frac{22^{\text{mm}}}{1,51} = 718^{\text{mm}} - 15^{\text{mm}} = 703^{\text{mm}},$$

qui diffère de 17 millimètres de celui que m'a donné une expérience sur le foyer des rayons solaires. Mais il est possible que la sphérique exécutée n'ait pas exactement la courbure indiquée. Si l'exécution était parfaitement conforme à l'épure, il en conclure que la valeur de t était un peu moins de $1,50$ dans la lentille centrale, qui n'est pas le morceau sur lequel a expérimenté

pourquoi qu'il en soit, et comme le pouvoir réfringent de la glace de Gobain peut bien n'être pas tout à fait le même dans les différents morceaux, il est plus prudent d'adopter un pouvoir réfringent un peu fort que trop faible, parce que, dans ce dernier cas, les rayons embrasseraient un angle de plus de 45 degrés, et il faudrait augmenter pour que le centre du système des huit lentilles se trouvât au centre de chacune. Nous adopterons donc dans les calculs le rapport

formule de Lacaille pour les lentilles biconvexes :

$$dpqrR + deq^2R - depqR + eq^2rR$$

$$- dpq^2R - dpqR - pqrR - deq^2 - dpqr + 2depq - dep^2 + dp^2r - eq^2r + epqr.$$

La formule d et x représentent deux distances focales correspondantes; R et r , les rayons de courbure des deux faces de la lentille; e est son épaisseur, et $\frac{p}{q}$ le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction.

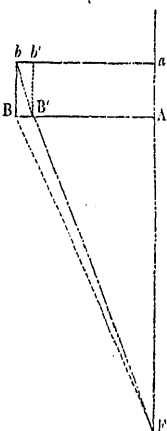
SUITE DES CALCULS RELATIFS À LA GRANDE LENTILLE DE 0^m,76 DE CÔTÉ.

RANGÉE N° 1, OU LES QUATRE MORCEAUX DU CENTRE.

[Voir la note de la page 166.]

[Données] $AB = 140^{\text{mm}}$, $AF = 917^{\text{mm}},40$, $Bb = 8^{\text{mm}}$;

[d'où l'on déduit] 1^{er} angle réfracté $[bB'b'] = 5^{\circ} 42' 10''$.



CALCUL DE L'ANGLE RÉFRINGENT POUR LE CERCLE CIRCONSCRIT.

$$\sin [Tba] \alpha = t \sqrt{\frac{1 - c^2}{1 + t^2 - 2tc}},$$

$$[c = \cos 5^{\circ} 42' 10'', \quad t = 1,51,]$$

[d'où l'on déduit] $\alpha = 16^{\circ} 37' 20''$.

CALCUL DU RAYON DE COURBURE SATISFAISANT À CET ANGLE RÉFRINGENT.

$$Tba = bCa = 16^{\circ} 37' 20'', \quad ba = 140^{\text{mm}},$$

[d'où]

$$bC = 489^{\text{mm}},41, \quad aC = 468^{\text{mm}},96,$$

$$aS = 20^{\text{mm}},45, \quad AS = 28^{\text{mm}},45.$$

CALCUL DU RAYON DE COURBURE D'APRÈS LA FORMULE

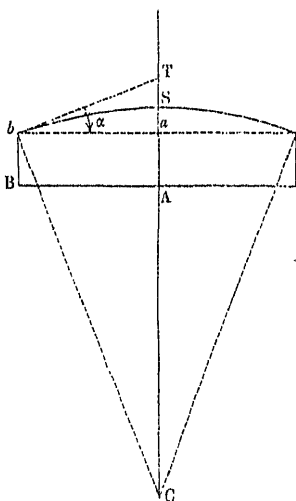
$$[\text{distance focale}] x = \frac{r}{t-1} - \frac{e}{t},$$

$$\text{ou } r = (t-1) \left(x + \frac{e}{t} \right).$$

$$t = 1,51, \quad x = 917^{\text{mm}},4, \quad e = 28^{\text{mm}},45;$$

[d'où]

$$r = 477^{\text{mm}},48.$$



Si l'on appelle i l'angle bCa et C la partie constante Aa de l'épaisseur,

asser l'arc de cercle par le point b ,

$$r = \frac{(l-1)(tx+C)}{1+(l-1)\cos i}.$$

leurs ci-dessus on déduit]

$$i = 17^{\circ} 3' 0'';$$

n tire]

$$1 + (l-1)\cos i = 1,4876,$$

ne pour r cette seconde valeur approchée :]

$$r = 477^{\text{mm}},66 \text{ et } e = 28^{\text{mm}},98 \text{ (nouvelle épaisseur).}$$

[NOUVEAU] CALCUL DU RAYON DE COURBURE D'APRÈS LA FORMULE

$$r = (l-1) \left(x + \frac{e}{l} \right).$$

nées]

$$[l = 1,51, \quad x = 917^{\text{mm}},4 \quad \text{et} \quad e = 28^{\text{mm}},98;]$$

$$r = 0,51 \times 936^{\text{mm}},59 = 477^{\text{mm}},66.$$

c'est bien là le rayon qui satisfait aux rayons voisins du centre
ntille et au passage du cercle par le point b .

uné:]

ar de r pour la réunion au foyer des rayons partis du cercle

rit. 489^{mm},41

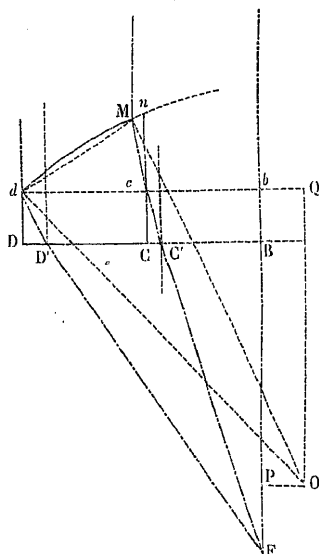
ar de r pour la réunion au foyer des rayons voisins

re. 477^{mm},66

Moyenne. 483^{mm},53

adoptons pour la valeur du rayon de courbure 483^{mm},5.

Si l'on représente par l la largeur dc de la rangée, c'est-à-dire la différence entre la longueur des rayons du cercle inscrit et du cercle circonscrit; par m le premier angle Mcn de réfraction dans le verre; par n le second angle cMO , pour le cercle inscrit; par r l'angle d'émergence pour le même cercle, et par r' l'angle d'émergence pour le cercle circonscrit, on trouve pour le rayon de courbure MO les deux valeurs suivantes :



$$MO = \frac{l \cos m}{2 \cos \left[n + \frac{1}{2} (r' - r) \right] \sin \frac{1}{2} (r' - r)},$$

ou

$$MO = \frac{l \cos m}{2 \cos \left[\frac{1}{2} (r' + r) - m \right] \sin \frac{1}{2} (r' - r)}.$$

[APPLICATION À LA ZONE N° 6.]

CALCUL POUR LA SURFACE ANNULAIRE COMPRISE ENTRE LES RAYONS.

$$R' = 387^{\text{mm}},44 \quad \text{et} \quad R = 350^{\text{mm}},50.$$

$$\text{Cercle inscrit de } 350^{\text{mm}},5 \text{ de rayon} \left\{ \begin{array}{l} m = 13^{\circ} 36' 10'' \\ n = 23^{\circ} 36' 40'' \end{array} \right.$$

$$\text{Cercle circonscrit de } 387^{\text{mm}},44 \text{ de rayon...} \left\{ \begin{array}{l} r = 37^{\circ} 12' 50'' \\ r' = 40^{\circ} 7' 40'' \end{array} \right.$$

après les données et la formule ci-dessus on trouve]

$$[\text{le rayon de courbure}] \text{MO} = 779^{\text{mm}},48.$$

CALCUL DES COORDONNÉES DU CENTRE DE COURBURE.

$$\overline{\text{MO}} \cos r' = 596^{\text{mm}}. \dots \text{OP} = \text{dQ} - \text{R}' = \overline{\text{MO}} \sin r' - \text{R}' = 114^{\text{mm}},93.$$

oi de la page 163, l. 3]. — Ceci se rapporte aux premiers essais de fabrication des panneaux dioptriques échelonnés. Eu égard à la difficulté de se procurer des crown-glass de 28 à 30 centimètres de diamètre, à peu près exempts de bulles d'air, on débuta par composer la lentille centrale de quatre morceaux ou quatrièmes. (Voyez l'Introduction.)

RENOUVELLEMENT
DE L'APPAREIL D'ÉCLAIRAGE
DU PHARE DE CORDOUAN.

N^o XI (A).

RAPPORT

ADRESSÉ

À M. BECQUEY, DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES.

PAR A. FRESNEL, INGÉNIEUR ORDINAIRE,

SUR LE RENOUVELLEMENT DE L'APPAREIL D'ÉCLAIRAGE
DU PHARE DE CORDOUAN ⁽¹⁾.

[12 septembre 1823.]

Monsieur le Directeur général,

Chargé par vous d'opérer le changement du phare de Cordouan dans le courant du mois de juillet dernier, conformément à l'avis

⁽¹⁾ Le phare de Cordouan, l'un des plus beaux monuments qui aient été consacrés au salut des navigateurs, signale les roches sous-marines situées à deux lieues au large de l'embouchure de la Gironde. Fondé en 1545, par le célèbre architecte Louis de Foix, sur les ruines d'une ancienne tour, son histoire, sommairement esquissée dans notre *Introduction*, offre un intérêt particulier comme embrassant la série à peu près complète des divers moyens et systèmes successivement appliqués à l'illumination des phares. Nous rap-

an, où toutes les pièces du nouvel appareil avaient été trans-
. Aidé par M. Hans, chef d'atelier de M. Wagner, par le sieur
et, employé du cadastre du pavé de Paris, par les gardiens
re, et par les ouvriers qui m'ont été envoyés de Royan, je suis
à lever les petites difficultés que présentait l'installation du
appareil, et qui étaient augmentées par la situation isolée
re, où je ne trouvais pas toutes les ressources dont j'aurais eu

5 juillet, l'appareil lenticulaire était entièrement monté et
ait aux marins tous les effets décrits dans l'avis publié par
leur.

pré les préparatifs que j'avais faits pour opérer le changement
dans le plus court intervalle de temps possible, je fus obligé
r un feu fixe provisoire pendant trois nuits consécutives. Ce feu,
par deux lampes à bec quadruple, équivalait à quarante becs
quet.

seulement ici que la tour de Cordouan a été, de nos jours, à trente-deux années
e, le théâtre de deux innovations capitales dans l'éclairage maritime.

nière date de 1791. A cette époque, l'ingénieur Teulère, qui avait été chargé par
re de la Marine de l'exhaussement du phare de Cordouan et de l'amélioration de
age, après avoir élevé avec autant d'habileté que de hardiesse, sur la coupole de
Foix, une tour conique de 30 mètres de hauteur, couronnée d'une lanterne mo-
e, y installa, à 62 mètres au-dessus du rocher, un grand appareil catoptrique à
n remplacement des quatre-vingts réverbères à coquille et à mèche plate de l'an-
reil de Sangrain. Le nouveau système projeté par Borda, et exécuté sous sa direc-
habile opticien Lenoir, se composait de douze réflecteurs paraboliques de 30 pouces
re, illuminés par des becs à double courant d'air. Ils étaient également distribués
is faces d'une armature tournante dont chaque révolution s'opérait en 6 minutes,
tait dans tous les azimuts une succession régulière d'*éclats* apparaissant de deux en
tes et alternant avec des *éclipses* absolues.

même appareil catoptrique, finalement reconnu insuffisant, qu'Augustin Fresnel
au mois de juillet 1823, par le grand appareil dioptrique tournant de son inven-
orable inauguration du système des phares lenticulaires, sur laquelle on peut
que le présent Rapport ne fournisse pas de plus amples détails.

Avant de prendre son parti, à peu près inévitable, je consultai, sur les dangers qu'il pouvait occasionner, M. le commissaire des classes et le maître de port de Royan, qui me rassurèrent à cet égard et avertirent les pilotes de l'établissement du feu provisoire. J'avais d'ailleurs choisi le moment de la pleine lune et un beau temps. Cette opération n'a occasionné aucun accident; mais je ne me croirais pas justifié par le succès, si je ne pensais d'ailleurs avoir pris toutes les précautions que la prudence conseillait.

Ayant mis les gardiens au fait du nouveau service, et laissant près d'eux le sieur Tabouret, qui en connaît tous les détails, j'ai quitté la tour de Cordouan le 1^{er} août, et j'ai débarqué à Royan, où je me suis embarqué, le soir même, sur une chaloupe de pilote, pour aller au large observer le nouveau feu. Je suis sorti par la passe du sud; mon intention était de faire le tour du phare et de rentrer par celle du nord; mais le défaut de vent nous a obligés de jeter l'ancre à 4 ou 5 lieues marines à l'ouest de Cordouan, et de rentrer le matin, avec la marée, par la passe du sud.

J'avais entrepris cette petite course sur mer, bien moins pour observer les effets du feu tournant, dont la grande portée m'était assez connue, que pour m'assurer si un appareil supplémentaire, que j'avais fait construire en dernier lieu, remplissait bien le but que je m'étais proposé, d'après le conseil de M. Beauteemps-Beaupré et l'assentiment de M. de Rossel. Ce but était de donner aux navigateurs une lumière fixe, qui ne leur laissât plus perdre le phare de vue, pendant les éclipses du feu tournant, sitôt qu'ils se rapprocheraient des écueils dont la tour de Cordouan est environnée. Dans la direction que je parcourus cette nuit, à l'ouest de Cordouan, je ne perdis le feu fixe de vue qu'à la distance de 4 lieues marines; encore avait-il, à cette distance, l'avantage de prolonger l'apparition de la lumière, et de diminuer beaucoup la durée des éclipses absolues, aux yeux d'un observateur attentif. Il résulte aussi des observations des pilotes que, sauf quelques angles morts, plus mal éclairés que le reste, la portée de ce feu fixe, du côté de l'Océan, est généralement de 4 lieues marines, ce qui suffit bien

du phare, n'en est guère qu'à 2 lieues.

remontant la Gironde, de nuit, pour observer le phare de ce .
ai remarqué que le feu fixe paraissait très-beau dans la rade du
, à 2 lieues marines de Cordouan, et que ses effets se faisaient
sentir près de la pointe de Castillon, à plus de 6 lieues marines
nce.

peut estimer, je crois, l'intensité de ce feu fixe à quarante ou
ate becs de quinquet; or il est produit, sans aucune augmen-
dans la dépense d'huile de la lampe centrale qui éclaire tout
eil, et seulement en recueillant les rayons qui passent par-dessous
ndes lentilles, et qui, sans cela, seraient à peu près perdus. Le
cet appareil supplémentaire est de 2,800 francs, dont l'intérêt
, au denier vingt, n'est que de 140 francs. Il y a donc un avan-
table dans l'addition de cet appareil, puisque, pour une somme
e de 140 ou 150 francs, on obtient un excédant de lumière
ent à quarante ou cinquante becs de quinquet^(a).

nt aux éclats du feu tournant, ils ont toute la splendeur qu'ils
aient dans les expériences faites à Paris. Pour donner une idée
grande portée, il me suffira de dire qu'étant dans la Gironde,
ues marines de Cordouan, lorsque les dunes de la pointe de
me cachaient le feu, je voyais, au moment de l'éclat, une petite
e au-dessus du point de l'horizon qui répondait au phare, auréole
par la réverbération de la lumière dans l'air. D'après ce qui
rapporté, le même phénomène aurait été observé au large par
otes, à une distance de 8 à 9 lieues marines, lorsque la rou-
e la terre leur ôtait la vue directe du pharé.

on arrivée à Royan, avant l'établissement du nouvel appareil,

s rappelons de nouveau que l'ingénieuse combinaison des *anneaux de verre catu-*
s, imaginée par A. Fresnel dans les derniers temps de sa vie, a remplacé avec
ntage les systèmes catoptriques et diacatoptriques primitivement employés par lui,
obtenir un feu fixe accessoire que pour accroître la durée des éclats des lentilles
a.

douan avec un petit fanal sidéral du sieur Bordier-Marcet, placé près de la jetée du port : nous avons trouvé que ce fanal présentait une lumière égale au maximum d'éclat de l'ancien feu, quand nous les regardions l'un et l'autre de l'extrémité sud-est de la Conche de Royan. Il résulte de cette observation que le maximum d'éclat de l'ancien feu était égal à quarante fois la lumière du petit fanal, qui équivaut à quatre ou cinq becs de quinquet, d'après une expérience faite à l'Observatoire, avec M. Arago, sur un fanal semblable. Dans l'observation de Royan, à la vérité, la lumière du fanal sidéral se trouvait augmentée d'une autre lumière beaucoup plus faible, et qui en paraissait à peine le quart. Ainsi on doit porter à six becs de quinquet la lumière à laquelle nous avons comparé, M. Saint-Aubin et moi, l'ancien feu de Cordouan. Son maximum d'éclat équivalait donc à quarante fois six becs, ou deux cent quarante becs de quinquet; tandis que celui des grandes lentilles actuelles équivaut à plus de deux mille quatre cents becs semblables, au moment où l'axe de la lentille se trouve dirigé vers le spectateur. Ainsi, d'après ces mesures approximatives, le maximum des éclats du nouveau feu serait dix fois aussi brillant que celui des éclats de l'ancien, et par conséquent porterait trois fois plus loin. Ce résultat s'accorderait assez bien avec l'estimation des marins, qui ont trouvé que le nouveau feu, vu du port de Mortagne, dans la Gironde, paraissait aussi brillant que l'ancien, vu de Royan; car Mortagne est trois fois plus éloigné de Cordouan que Royan.

Cette dernière comparaison ne peut inspirer beaucoup de confiance dans son exactitude, *puisqu'elle a été faite de souvenir*; mais en la supposant trop favorable au nouveau feu, ainsi que les mesures que nous venons de rapporter, on ne peut guère douter cependant qu'il ne soit au moins sept à huit fois plus brillant que l'ancien. Or la dépense d'huile se trouve maintenant réduite de moitié, et il en résulte une diminution de 5,700 francs sur la dépense annuelle de l'éclairage du

^(a) Ingénieur de l'arrondissement de Bordeaux.

de beaucoup l'intérêt des fonds employés à l'établissement
el appareil. Ainsi le gouvernement retirera un bénéfice notable
opération, quand même on ne la considérerait que sous le
financier, en faisant abstraction de la grande augmentation
ère obtenue et des avantages importants qu'elle procure à la
n.

s, etc.

L'ingénieur ordinaire,

A. FRESNEL.

, le 12 septembre 1823.

OBSERVATIONS DES PILOTES

SUR LE NOUVEAU FEU DE LA TOUR DE CORDOUAN.

EXTRAIT DU REGISTRE DES PROCÈS-VERBAUX TENUS AU BUREAU DES CLASSES À ROYAN ^(a).

Aujourd'hui vingt-sept août mil huit cent vingt-trois, se sont réunis au bureau de la marine à Royan, sur l'invitation du Commissaire des classes du quartier :

M. Walter, lieutenant de vaisseau, chevalier de l'ordre royal et militaire de Saint-Louis, commandant la gabare du roi *la Cauchoise*, stationnée en rade du Verdon ;

Boisseau, capitaine au long cours.....	}	demeurant à Royan.
Pilloton, <i>id.</i>		
Anquetil, <i>id.</i> et maître de port.....		
Chaumont, capitaine au long cours.....		
Boullet, <i>id.</i>	}	de la station de Royan.
Taudin (Jean) père, pilote lamaneur.....		
Bon (François), <i>id.</i>		
Nicolle (François), <i>id.</i>		
Morreau (Jean), <i>id.</i>	}	de la station de Saint-Georges.
Raynaud (Jean), <i>id.</i>		
Bossy (Jean), <i>id.</i>		
Lardy (Simon-Pierre), <i>id.</i>		
Vige (Simon), <i>id.</i>	}	
Bernard (Pierre), <i>id.</i>		
Coutan (Pierre), <i>id.</i>		
Blanchet (Antoine), <i>id.</i>		
Raymond (Jean), <i>id.</i>	}	
Tétaud (Jean), <i>id.</i>		
Mariteau (Jean), <i>id.</i>		

^(a) Document annexé au Rapport précédent.

1
dans la tour de Cordouan, chacun des assistants s'est empressé de
noter les observations qu'il a été à portée de faire à ce sujet.

Le lieutenant de vaisseau Walter a dit que le nouveau système d'éclairage
dans tous les rapports, infiniment supérieur à l'ancien, tant par l'intensité
que par la vivacité de la lumière qu'il produit; que, jusqu'à présent, il n'a
jamais vu de la rade du Verdon, mouillage ordinaire de la gabare du
Pauchoise, parce que, malgré ses fréquents appareillages, ce bâtiment
n'a pas trouvé dans le cas, depuis la nouvelle installation, de naviguer de
hors de la Gironde; que le feu fixe se voit parfaitement du Verdon,
à une distance de 2 lieues de Cordouan; et qu'en général le feu tournant présente,
à toute distance, tous les caractères indiqués par l'avis publié dans les *Annales*
de la Marine du mois de mai 1823. Telle est aussi la remarque qu'a faite lui-
même le Commissaire des classes soussigné.

Les capitaines au long cours ont ensuite communiqué leurs propres
observations, en avertissant que leurs remarques ont été faites à terre et du
port de Royan. Tous se sont accordés à reconnaître la supériorité de la
nouvelle installation. Ils ont remarqué que, lorsque le feu commence à paraître,
il est d'abord moins brillant que ne l'était l'ancien; mais qu'augmentant ensuite
rapidement, il fournit, pendant les cinq dernières secondes de l'éclat, une
lumière d'un brillant extraordinaire et d'une grande blancheur, qui alors pré-
sente à l'œil quatre rayons plus vifs que le reste du feu, lesquels apparaissent
sous la forme d'une croix de Malte. Du reste ils pensent que l'éclairage actuel
est à la fin de chaque éclat une masse double de feu de celle que donnait
l'ancien système. Ils pensent aussi que, dans le moment de sa plus grande
intensité, ce feu peut être aperçu à une distance de 10 à 11 lieues, si l'ob-
servateur est placé au haut des mâts d'un gros navire.

Les pilotes, qui avaient reçu l'ordre d'observer avec attention le phare de
Cordouan pendant leur navigation, déclarent avoir vu le nouveau feu beaucoup
plus brillant que l'ancien, les uns à 7 lieues dans l'ouest-nord-ouest, d'autres à
6 et demie dans le nord-ouest et quelques-uns à 6 lieues dans l'ouest.
Quant au feu fixe, il en est qui l'ont aperçu faiblement à la distance de 4 lieues,
dans le nord-ouest et dans l'ouest, tantôt à 3 lieues en courant du nord
et tantôt à 4 lieues en courant du sud; mais qu'alors ils le perdaient souvent de vue par l'effet que produisaient
les vagues de la lanterne, qui coupaient le feu fixe dans la position indiquée. Tous

lumineux et plus clair que celui auquel il a été substitué; que l'ancien se voyait, mais faiblement, à 6 lieues en mer; tandis que le feu actuel, par l'effet de ses brillants éclats, donne; à la même distance, une masse de lumière qui est du double plus considérable, comme il a été dit à l'article de MM. les capitaines au long cours^(a). Toutefois il faut ajouter ici que les observations des pilotes ont seulement été faites sur le pont de leurs chaloupes, et l'on sait que ces embarcations n'ont, en général, que deux pieds d'élévation sur l'eau.

Quant aux effets du feu vu de l'intérieur du fleuve, les pilotes qui ont été à même de l'observer assurent qu'il est très-visible par le travers de la Maréchaie, le long du banc, à 8 lieues; et que l'ancien éclairage ne présentait point, à beaucoup près, le même volume de lumière, vu du même point, au delà duquel il est impossible de distinguer Cordouan, à cause de la disposition des terres, qui masquent la vue dans la partie supérieure de la Gironde.

En résumé, les capitaines au long cours et les pilotes souhaiteraient que chaque éclipse n'eût que 20 secondes de durée, et que les éclats, qui disparaissent trop rapidement à 6 lieues, pussent, s'il était possible, être visibles pendant un temps plus long que leur actuelle apparition.

Après avoir recueilli et constaté les dires et observations ci-dessus rapportés, nous avons clos le présent procès-verbal, qui a été signé avec nous par M. le lieutenant de vaisseau Walter, MM. les capitaines au long cours et les pilotes amateurs dénommés plus haut, sauf les pilotes Moreau, Coutan et Blanchet, qui ont déclaré ne le savoir faire.

Signé : Walter, Boisseau, Pilloton, Anquetil, Chaumont. Boullet, Taudin, Bon, Raymond, Tétaud, Mariteau et M. C. Ribard.

Pour copie conforme :

Le Commissaire des classes,

Signé : M. C. RIBARD.

Pour copie :

L'Intendant de la marine P. L.

Signé : LECOMTE.

^(a) Voir la note de Fresnel à la suite de ce procès-verbal.

disant que le nouveau feu a un *volume double de l'ancien*, les marins qui ont vu à la rédaction de ce procès-verbal n'expliquent pas s'ils entendent par là que la lumière du nouveau feu est seulement double de celle de l'ancien; mais, si je juge, d'après le jugement qu'ils en portent, je crois être sûr qu'ils se trompent de beaucoup, et que le nouveau feu est au moins sept à huit fois aussi brillant que l'ancien, les mesures beaucoup plus précises citées à la fin du rapport ci-joint. Il est facile d'estimer au simple coup d'œil, avec quelque exactitude, si une lumière est deux fois, trois fois ou quatre fois plus brillante qu'une autre, lorsque ces deux lumières sont en présence; à plus forte raison quand on fait cette comparaison de deux feux. Il est beaucoup plus sûr en général de juger de leur égalité; et c'est toujours le même genre de comparaison qu'il faut ramener l'autre en faisant varier les distances. Ainsi j'aurais plus de confiance dans l'estimation des marins qui ont trouvé que le nouveau feu, vu de Mortagne, était aussi brillant que l'ancien, vu de Royan; ce qui résulterait que le nouveau feu est presque neuf fois aussi brillant que l'ancien, puisque la distance de Cordouan à Mortagne est presque triple de celle de Mortagne à Cordouan.

Paris, le 12 septembre 1823.

A. FRESNEL.

NOTE D'AUGUSTIN FRESNEL

SUR LA VISITE DU PHARE DE CORDOUAN

FAITE, LE 12 SEPTEMBRE 1824,

PAR M. ROBERT STEVENSON⁽¹⁾.

M. Robert Stevenson, ingénieur des phares d'Écosse, vient de faire une tournée sur nos côtes de la Manche et de l'Océan, pour visiter nos principaux établissements maritimes, et particulièrement les phares, l'objet spécial de ses travaux et de ses recherches. Le nouvel appareil dioptrique établi sur la tour de Cordouan a été pour M. Stevenson l'objet d'un examen très-étendu. Après avoir admiré la vivacité des rayons réfractés par les huit grandes lentilles à échelons, dont se compose le système entièrement neuf du nouveau phare, il a relevé soigneusement les dimensions de ses diverses parties. M. le directeur général des ports et chaussées avait ordonné que l'on procurât à ce savant étranger toutes les facilités et tous les renseignements qu'il pourrait désirer. Déjà, pendant son séjour à Paris, il avait reçu les explications les plus détaillées, non-seulement sur le nouveau phare de Cordouan, mais encore sur les autres combinaisons dioptriques que l'Administration se propose d'appliquer successivement à l'éclairage des divers points des côtes de France.

Pour témoigner sa reconnaissance des communications obligeantes et de l'accueil distingué qu'il avait reçus, M. Stevenson a fait don, à la

⁽¹⁾ Cette Note aura sans doute été rédigée, à la demande de M. Becquey, pour être insérée dans le *Moniteur*. Nous la reproduisons d'après un brouillon qui n'est peut-être qu'un fragment.

de Bell-Rock, monument dont la construction hardie place l'auteur au premier rang des ingénieurs dont s'honore l'Angleterre. Nous nous plaisons à citer ce nouvel exemple des échanges de bons offices qui, depuis quelques années, ont lieu journellement entre savants de deux nations si longtemps rivales. Toutefois, après avoir rendu un juste hommage aux talents de M. Stevenson, nous croyons devoir nous dispenser de relever une erreur qui lui est échappée, et qui ne tend à rien moins qu'à frustrer la France, au profit de l'Angleterre, de l'honneur d'une invention qui nous appartient incontestablement. M. Stevenson (page 527 de son ouvrage) attribue au docteur Brewster l'invention des *phares dioptriques*, et cite même le nouvel appareil de Tourdoun comme une application des idées de son compatriote ^(a).

Il nous serait aisé de démontrer combien cette assertion est erronée. Combien il y avait loin de la simple idée des *lentilles à échelons* à l'invention des procédés par lesquels on a surmonté récemment en France les difficultés de leur exécution. D'ailleurs l'invention des lentilles à échelons n'appartient pas au docteur Brewster, mais à Buffon, qui, plus d'un demi-siècle auparavant, avait proposé ce perfectionnement des *phares ardents*. Le docteur Brewster n'a point indiqué l'application de grandes lentilles à l'éclairage des phares, et surtout la combinaison heureuse par laquelle on est parvenu chez nous à tirer le plus grand parti possible de la lumière qui éclaire l'appareil dioptrique ^(b). Le voyage

Dans la description des planches de son ouvrage, Robert Stevenson, après quelques indications sur les effets *almost inconceivable* de l'appareil à réverbères paraboliques du phare de Bell-Rock, ajoute : « Similar effects are also expected to be produced with light refracted through glass-lenses. These, it is believed, are about to be made trial of in the Tourdoun, at the entrance of the Garonne, with what are termed polygonal lenses, one large lense, built or composed of a number of small lenses, as suggested by Brewster, in the *Edinburgh Encyclopædia*, in the year 1811, under the article : BURNING » (*An account of the Bell-Rock light-house*, Edinburgh, 1824, p. 527.)

En outre d'avoir eu connaissance de l'article *Burning Instruments* de l'*Encyclopédie de Tourdoun*, A. Fresnel n'a traité que d'une manière incomplète et, à quelques égards,

et jusque dans la tour de Cordouan, prouvent assez que ce nouveau système d'éclairage n'a pas été inventé à Édimbourg; et nous pensons que ce célèbre ingénieur aura reconnu en France le peu de fondement de l'assertion qu'une prévention patriotique lui avait fait hasarder en Angleterre

exacte, cette question de priorité. Il pouvait la reprendre avec plus d'avantage et la trancher d'une manière décisive à la fin de 1825, lorsque, par l'ingénieuse invention des *appareils catadioptriques à réflexion totale*, il eut en partie transformé son système de phares lenticulaires, en le portant au plus haut degré de perfection théorique et pratique; mais déjà presque épuisé par la maladie de langueur à laquelle il allait bientôt succomber, il dut renoncer à toute polémique. Nous croyons au surplus avoir donné dans notre *Introduction* un résumé assez précis de ce procès scientifique, pour mettre le lecteur à même de se prononcer en pleine connaissance de cause.

DESCRIPTION ET ESSAI

D'UN

APPAREIL TOURNANT A SEIZE DEMI-LENTILLES.

N° XII (A).

APPAREIL DIOPTRIQUE DIT LENTICULAIRE,

IMAGINÉ PAR M. AUGUSTIN FRESNEL,

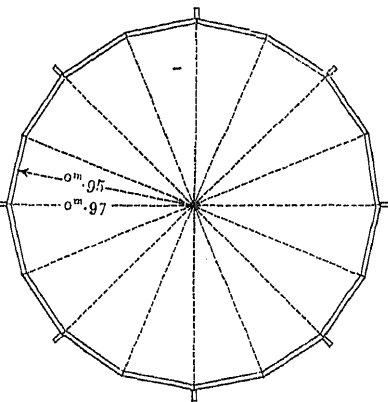
INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES,

POUR SERVIR À L'ÉCLAIRAGE DES PHARES ^(a).

[Octobre 1823.]

Cet appareil, commandé par M. Becquey, directeur général des

^(a) La lettre ci-après, du 2 octobre 1823, annexée au programme N° XII (B), fait connaître à quelle occasion et dans quel but la présente Note a été rédigée par A. Fresnel. Nous n'avons pas trouvé d'ailleurs dans ses papiers d'épure complète de l'appareil à seize demi-lentilles. Il eût été facile d'y suppléer, mais une figure additionnelle nous a paru assez inutile, attendu qu'elle eût formé double emploi, à beaucoup d'égards, avec les planches IV et VII, et eût reproduit, pour la partie accessoire, une combinaison finalement abandonnée par l'inventeur. Nous nous bornons en conséquence à reproduire ici le plan de l'appareil à seize demi-lentilles, d'après une minute signée d'A. Fresnel et datée.



Paris, le 30 janvier 1823.

A. FRESNEL.

Il est à remarquer que les panneaux lenticulaires se trouvent ici placés à 95 centimètres de distance du foyer, au lieu de 92, excentricité d'où résulterait un léger sacrifice d'effet utile, accepté peut-être pour donner aux éclats plus d'amplitude.

es procédés de M. Augustin Fresnel, par MM. Soleil, opticien,
er, mécanicien horloger.

are auquel il s'applique est illuminé par un seul bec de lampe
centre, équivalant à seize ou dix-sept lampes de Carcel. Ce bec,
tion de MM. Arago et Fresnel, a 9 centimètres de diamètre
quatre mèches concentriques, qui sont continuellement abreu-
ile au moyen d'une pompe où quatre valvules de cuir très-
emplacent les pistons des lampes de Carcel. Une horloge, dont
r est un poids et le régulateur un volant, donne à ces val-
mouvement de va-et-vient nécessaire pour aspirer l'huile et
jusqu'aux bords du bec, d'où elle retombe dans le réservoir.
ls de ce mécanisme ont été conçus et exécutés par M. Wagner,
la machine de rotation qui fait tourner l'appareil lenticu-
our de la lumière centrale.

eil a construit la partie optique de l'appareil, qui se compose :
e grands verres lenticulaires de forme rectangulaire, disposés
ment autour de la lumière centrale, et qui servent à concen-
rayons en seize cônes lumineux de 6 à 7 degrés d'ouverture
2° de huit lentilles additionnelles, de figure trapézoïdale, for-
e sorte de toit en pyramide octogonale tronquée, au-dessus
quadruple, dont elles recueillent et concentrent les rayons
s, qui sont ensuite ramenés vers l'horizon par les miroirs
acés au-dessus des lentilles.

reil, en tournant autour de la lumière centrale, présente
ession régulière d'éclipses et d'éclats alternativement longs et
chaque *éclat long* est composé du cône lumineux sortant d'une
s lentilles additionnelles, suivi immédiatement du cône lumi-
luit par une des seize grandes lentilles placée au-dessous, mais
re que le plan vertical passant par son centre, ou son axe,
ngle de 7 degrés avec le plan vertical passant par l'axe de la
dditionnelle correspondante. Chaque *éclat court* est produit
t par une des grandes lentilles verticales, dont le nombre est

leur être accouplées que de deux en deux. Ces alternatives d'éclats longs et d'éclats courts donnent à ce phare un caractère tout particulier, qui le fera aisément distinguer des autres phares à feux tournants. L'intensité de la lumière à l'instant le plus brillant de chaque éclat, c'est-à-dire quand l'axe d'une des lentilles verticales passe par l'œil du spectateur, équivaut à 1,600 becs de quinquet ou 1,200 lampes de Carcel.

PROJET DE PROGRAMME

POUR L'EXPÉRIENCE DU JEUDI 9 OCTOBRE 1823.

l'expérience a pour objet de comparer les phares à feux tour-
posés de huit lentilles verticales avec ceux qui en présentent
une révolution.

On suivra la méthode indiquée par M. de Rossel, et l'on
utilisera d'un appareil portant seize demi-lentilles verticales. Tantôt
on couvrira huit avec des cartons, et tantôt on les découvrira. Les
demi-lentilles que l'on couvrira et découvrira alternativement sont
celles qui précèdent ceux des petites lentilles additionnelles,
et ne se lient pas avec eux; en sorte que, lorsqu'on couvrira celles-là,
on aura les éclats courts que l'on supprimera, en laissant les éclats

l'expérience commencera à 7 heures $\frac{1}{2}$ du soir, et se terminera à
 $\frac{1}{4}$. On se propose de faire, pendant cet intervalle de temps,
des changements, dont les observateurs noteront les époques à
qu'ils s'en apercevront.

L'appareil à feu fixe^(a) se trouvant établi dans la lanterne par le
M. Soleil fils, à qui je ne l'avais pas demandé, on pourra
observer l'effet de Montmélian, quoique les trois miroirs inférieurs se
soient masqués, si du moins l'atmosphère a assez de transparence.
L'appareil fera sans doute partie de la plupart de nos phares

un polygone de petits miroirs plans étagés verticalement, pour utiliser les
rayons passant au-dessous du tambour lenticulaire tournant. [Voyez la note à la
fin du N° VIII (A), p. 126.]

t à laquelle il ne peut nuire en aucune façon.

Pour faire mieux juger de ce qu'il ajoute à l'effet du feu tournant, on masquera le feu fixe depuis 9 heures $\frac{1}{4}$ jusqu'à 9 heures $\frac{1}{2}$, puis on le découvrira, et on laissera le phare allumé jusqu'à 10 heures^(a).

^(a) Nous reproduisons, comme complément à ce programme, la lettre suivante relative au même essai.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SGANZIN.

Paris, le 2 octobre 1823.

Monsieur et cher général,

M. Wagner vient de me prévenir qu'on allumerait demain soir (pour la première expérience d'essai) l'appareil lenticulaire qui vient d'être transporté sur l'arc de triomphe de l'Étoile. J'ai cru pouvoir l'autoriser, sur sa demande et celle de M. Soleil, à annoncer au public, par un écriteau placé sur la colonne de fonte exposée au Louvre, que ce phare serait allumé encore samedi et dimanche.

Comme le départ de M. le contre-amiral Halgan est très-prochain, il serait urgent de prendre jour avec lui pour l'expérience demandée par la Commission. M. de Rossel m'a dit que tous les jours lui seraient égaux. Je suppose cependant qu'il faut excepter le lundi et le mercredi. Ainsi l'expérience pourrait se faire mardi prochain ou jeudi, si M. Halgan peut attendre jusque-là. Je charge M. Bouvard, mon conducteur, qui aura l'honneur de vous remettre cette lettre, de prendre vos ordres pour l'expérience.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

EXPÉRIENCE FAITE A MONTMÉLIAN,

À 17,400 TOISES DE L'ARC DE TRIOMPHE DE L'ÉTOILE,

PAR MM. HALGAN, DE ROSSEL, SGANZIN ET MATHIEU,

Le 9 octobre 1823.

l'expérience a eu pour objet de comparer les phares à feux tournants
de huit lentilles verticales avec ceux qui en présentent seize dans
rotation.

Placé sur l'arc de triomphe de l'Étoile un appareil de rotation portant
des demi-lentilles verticales. On couvre avec des cartons et l'on découvre
successivement huit de ces demi-lentilles distribuées sur tout le contour du
phare comme il s'agit de savoir si l'on peut distinguer facilement par la
méthode des éclipses les phares à seize lentilles de ceux qui n'en renferment que
huit. Les observateurs n'ont pas été prévenus de l'ordre des changements dans
les feux. Voici ce qu'ils ont vu :

saient les observations précédentes, on a bien vu, et la lumière était en-
ssez blanche. L'expérience devait continuer jusqu'à 9 heures, mais la
ayant redoublé entre Paris et la station, la lumière est devenue insen-
ent très-faible. Les éclats ne sont plus que de 3 à 4 secondes, puis
2 secondes, et enfin la lumière disparaît tout à fait vers 8 heures 45 mi-
Elle se montre quelques instants après, mais les éclats sont toujours
irts.

dant les deux premiers tours du phare, il n'y avait que huit lentilles : la
des éclats est à celle des éclipses comme les nombres 277 et 546, ou à
es comme 1 et 2.

dant les deux tours suivants il y avait seize lentilles : la durée des éclats
elle des éclipses comme 395 est à 569, ou à peu près comme 11 est

L. MATHIEU. DE ROSSEL.

ÉTUDES ET EXPÉRIENCES

RELATIVES

AUX MACHINES DE ROTATION

À VOLANT-PENDULE,

APPLICABLES AUX PHARES À ÉCLIPSES.

XIII (A).

EXTRAIT ^(a)

D'UN RAPPORT SUR LE SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

À ADOPTER POUR LE PHARE DU FOUR.

[14 janvier 1821.]

.....

La Commission pense qu'un feu tournant est préférable à un feu fixe.

^(a) Les extraits et fragments que nous avons réunis sous le N° XIII ont pour objet une amélioration très-importante au point de vue pratique, introduite par A. Fresnel dans le mécanisme de rotation des phares à éclipses, par la substitution de machines à *mouvement continu* aux horloges à *pendule avec échappement*.

Le présent extrait d'un rapport sur le *phare catoptrique à éclipses*, qu'il s'agissait (au commencement de 1821) d'établir à l'embouchure de la Loire, fait ressortir les graves inconvénients attachés, pour un appareil tournant, aux temps d'arrêt et aux chocs d'une machine réglée dans son mouvement par un pendule oscillant. Or les perturbations fréquemment

se de 3,000 francs environ, à cause de la *machine de rotation*. Cette somme ne peut pas entrer en balance avec les avantages du tournant.

On peut craindre que la machine ne se déränge, ou que son entretien soit embarrassant et dispendieux. Ce serait, à notre avis, le principal inconvénient qui pourrait le plus faire hésiter en général à adopter les machines des feux tournants. Mais nous répondrons que les machines de rotation imaginées par M. Wagner règlent le mouvement des balanciers les plus pesants sans que leur masse fatigue l'échappement de la machine, et que d'ailleurs, dans le cas dont il s'agit, la masse à faire tourner ne pèsera pas plus de 400 livres.

Il conviendrait néanmoins que la complication de cette machine rendrait sa réparation sur les lieux embarrassante, dans le cas où elle aurait été dérangée par accident, et que d'une autre part son prix élevé ne permet guère d'en avoir une de rechange. Aussi serait-il à désirer qu'on pût apporter quelque simplification dans sa construction. On pourrait penser qu'une *machine sans échappement*, et réglée seulement par un volant pourrait remplacer les *horloges* dont on s'est servi jusqu'à présent, parce qu'il ne nous paraît pas nécessaire que la durée des éclipses soit réglée avec une grande exactitude, à moins

dans la rotation d'appareils à réverbères, d'un poids total de 150 à 200 kilogrammes, qui allaient singulièrement s'aggraver lorsqu'il s'agirait d'appareils lenticulaires de même poids, mais dont le poids propre pesant trois ou quatre fois autant.

Les tournebroches de M. Wagner répondaient jusqu'à un certain point au problème, mais il s'agissait de perfectionner leur volant régulateur pour compenser, à l'aide de la pesanteur, les variations de résistance de manière à obtenir, à quelques secondes près, une durée des révolutions constante. Fresnel combina à cet effet le pendule conique avec des ailes mobiles. Après divers essais (que retarda sans doute la pénurie du matériel des phares, et dont les premiers résultats décisifs ne datent que du mois de juin 1825), le problème se trouva résolu d'une manière pleinement satisfaisante, ainsi que le montrent les tableaux ci-après des expériences faites au mois de février 1825.

La première machine à volant-pendule (exécutée par M. Lepaute) eut lieu en 1825 devant la Commission des phares, le 25 mars 1825; mais l'inventeur du nouveau système ne vécut pas assez pour en faire lui-même l'application définitive.

ences de durée beaucoup plus prononcées entre les feux tournants qu'on veut distinguer de cette manière.

Les machines à échappement ont l'inconvénient d'arrêter à chaque instant la rotation d'une masse considérable. Cette destruction continue de forces vives doit être en général une cause de dégradation, surtout dans les horloges où l'échappement reçoit directement le choc de la masse en mouvement, inconvénient que M. Wagner a su éviter.

Une machine à volant, ayant un mouvement continu, ne renferme pas les mêmes causes de dégradation. La masse continue à tourner avec la vitesse qu'elle a acquise, et c'est la seule résistance de l'air sur les ailes du volant qui empêche l'accélération.

En calculant les variations de densité que l'air de la lanterne pourrait éprouver dans les circonstances les plus défavorables par le concours des variations thermométriques et barométriques, nous avons trouvé qu'elles ne pouvaient guère dépasser un huitième, qui produirait sur le mouvement des volants une différence d'un seizième seulement, en supposant que leur vitesse dût être en raison inverse de la racine carrée de la densité de l'air.

A la vérité, il y aurait dans la machine d'autres frottements que ceux que l'air lui présenterait, qui pourraient éprouver de bien plus grandes variations, par la coagulation de l'huile, qui enduit les surfaces en contact, ou par l'altération du poli de ces mêmes surfaces. On peut remédier jusqu'à un certain point au premier inconvénient en employant l'huile de pied de bœuf. Malgré cette précaution, on pourrait craindre encore des variations considérables dans ces frottements. Mais il est un moyen d'empêcher que ces variations n'aient une influence trop sensible sur la durée des révolutions : c'est d'augmenter le poids qui ferait tourner la machine, et en même temps l'étendue des volants qui doivent empêcher son accélération. On pourrait rendre de cette manière le frottement de l'air très-supérieur au frottement des rouages ; en sorte que celui-ci n'aurait plus qu'une faible influence sur la durée des révolutions.

de l'air au moyen de la force centrifuge, qui éloignerait les
au centre lorsque leur mouvement deviendrait trop rapide,
permettrait de s'en rapprocher quand il serait trop lent, et com-
ainsi, jusqu'à un certain point, la diminution ou l'augmenta-
résistance de l'air.

our le phare dont il s'agit, où des variations d'un dixième
rée des éclipses et des éclats nous paraissent sans inconvé-
s ne proposerions pas d'ajouter à la machine cet appareil de
ion, qui la compliquerait un peu. Construite dans toute sa
elle remplirait suffisamment l'objet d'un feu tournant et ne
occasionner aucune méprise.

osons pas cependant engager la Commission à substituer
nine à celle de M. Wagner, avant que l'expérience ait dé-
e son mouvement peut conserver une régularité convenable.
adoption de cette machine, qui n'est qu'un simple *tourne-*
aurait avoir de grands avantages, non-seulement à cause de
rix, qui permettrait d'en avoir deux pour chaque phare,
re par la facilité de la faire raccommoder sur les lieux, nous
le désir qu'il soit fait des expériences à ce sujet pour recon-
on peut se passer d'un échappement et si des volants seraient
n moyen de régularisation suffisant. M. Wagner, à qui nous
parlé, nous a offert d'en faire l'essai sur de grands tourne-
els que ceux qu'il construit souvent. Si la Commission l'ap-
et que M. le directeur général voulût bien accorder les
ssaires, qui seraient peu de chose, on pourrait s'occuper sur-
de ces expériences et décider la question avant l'époque où
e la tour du Four doit être allumé.

.

e 14 janvier 1821.

A. FRESNEL.

CALCUL

SUR LE PENDULE RÉGLÉ PAR LA FORCE CENTRIFUGE ^(*).

[..... Avril 1822.]

La pesanteur g dirigée verticalement suivant MP donne, pour composante suivant MD, $g \sin i$.

La force centrifuge f dirigée suivant AM donne, pour composante suivant MD, $f \cos i$.

Mais

$$f = \frac{v^2}{r}; \quad v = \frac{2\pi r}{T},$$

en appelant T le temps employé à parcourir la circonférence; donc

$$f = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2 r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}.$$

Mais r ou $MA = a \sin i$; donc

$$f = \frac{4\pi^2 a \sin i}{T^2},$$

dont la composante suivant MD est

$$\frac{4\pi^2 a \sin i \cos i}{T^2}.$$

Pour l'équilibre, il faut qu'on ait

$$mg \text{ ou } g \sin i = \frac{4\pi^2 a \sin i \cos i}{T^2}, \quad \text{ou } g = \frac{4\pi^2 a \cos i}{T^2};$$

d'où

$$a = \frac{g T^2}{4\pi^2 \cos i}.$$

(*) Nous reproduisons ce calcul du *pendule conique*, eu égard surtout au double croquis qui l'accompagne, et qui offre la première ébauche du *volant-pendule*, nouveau régulateur

$$a = \frac{gT^2}{4\pi^2}.$$

volutions sont alors isochrones pour différentes valeurs de i , que celles-ci soient toujours très-petites.

$$g = 9^m, 80; \dots \text{ supposons } T = 1^s:$$

$$a = \frac{9^m, 8 \times 1}{4\pi^2} = \frac{2^m, 45}{\pi^2} = 0^m, 2482.$$

Le temps de la révolution est réduit à une demi-seconde, la longueur de a devient quatre fois plus petite, et l'on a : $a = 0^m, 062$;

pour deux tiers de seconde... $a = \frac{4}{9} (0^m, 2482) = 0^m, 1103^{(a)}.$

usement imaginé par Fresnel, pour être appliqué aux machines de rotation des phares. — Ce fragment est extrait d'un registre d'expériences, où il se trouve compris entre les dates des 11 et 28 avril 1822. Les premières études de Fresnel sur son volant-pendule paraîtraient donc avoir été postérieures de quinze mois aux observations soumises par lui à la Commission des phares sur les graves inconvénients que présentent les machines de rotation à pendule oscillant comme moteurs des appareils à éclipses. [Voyez l'Extrait précédent, N° XIII (A).] — Près de trois années s'écoulèrent encore avant l'exécution et l'essai de la première machine de rotation réglée par le volant modérateur. [Voyez le numéro suivant, XIII (C).] — On trouve également sur le registre quelques vérifications et applications numériques.

EXPÉRIENCES

SUR UNE MACHINE DE ROTATION À VOLANT-PENDULE,

APPLIQUÉE À UN APPAREIL À SEIZE DEMI-LENTILLES ^(a).

PREMIÈRE EXPÉRIENCE, DU 11 FÉVRIER 1825.

Volant-pendule avec de petites rallonges de carton au bout des ailes fixes.
Poids moteur de 60 kilogrammes.

^(a) La machine de rotation soumise à ces expériences avait été exécutée par M. Lepaute, ligné héritier d'un nom célèbre dans l'horlogerie.

La planche VI présente, à l'échelle de $\frac{1}{4}$, deux projections verticales du *volant-pendule* régulateur d'une machine de rotation pour un phare de premier ordre.

Ce pendule conique se compose des pièces principales ci-après, savoir :

1° Un *arbre vertical* tournant portant à sa partie inférieure une lanterne qui engrène avec le dernier mobile de la machine de rotation ;

2° Deux *balles mobiles*. — Chacune d'elles est traversée par une tige sur laquelle elle peut glisser, et est soutenue inférieurement par un écrou, à une distance du pivot de suspension déterminée d'après la durée que doivent avoir les révolutions du pendule. — Les deux tiges des balles sont d'ailleurs reliées à l'arbre vertical par une double chape que traversent les pivots ;

3° Deux *ailes mobiles*. — Elles sont symétriquement ajustées sur les deux branches égales d'un arbre horizontal fixé en croix sur l'arbre vertical, perpendiculairement au plan des deux tiges des balles. — La monture de ces ailes se rattache auxdites tiges par des articulations combinées de telle sorte qu'à l'état de repos les deux ailes sont dans le même plan horizontal, et qu'elles se redressent symétriquement par l'écartement des balles jusqu'à la limite indiquée par le tracé ponctué ;

4° Deux *ailes fixes* montées sur un axe horizontal ajusté à la partie supérieure de l'arbre vertical dans le plan des balles. — Ces ailes peuvent d'ailleurs tourner sur leur axe et être arrêtées à divers degrés d'inclinaison.

Une machine de rotation à volant-pendule bien exécutée peut être facilement réglée

qui mène le pignon du volant.

13^s
 27^s

$12^m 14^s$ pour un tour.

{ NOTA. — Beaucoup d'irrégularité; ralentissements du volant pendant lesquels les pendules touchaient l'axe.

de 2 kilogrammes suspendu sur l'axe de la même roue.

59^s
 26^s

$4^m 27^s$
 $4^m 45^s$

11^s $9^m 12^s$ pour une révolution entière.
 $4^m 50^s$

1^s
 36^s $9^m 25^s$

$4^m 35^s$

de 1 kilogramme suspendu à l'axe de la même roue avec la ficelle.

45^s
 2^s

$4^m 17^s$
 $4^m 16^s$

18^s $8^m 33^s$ pour un tour.
 $2^m 8^s$

26^s
 31^s

$2^m 5^s$
 $2^m 8^s$

39^s
 $2^m 5^s$

44^s $8^m 26^s$ pour un tour.

exactitude pour que les variations dans la durée des phases de l'appareil soient
 times qu'elles échappent à l'observateur le plus attentif faisant des relèvements
 ainsi se sont trouvées complètement remplies les conditions auxquelles il s'agissait

$2^h 27^m 3^s$
 $4^m 10^s$
 $2^h 31^m 13^s$
 $4^m 9^s$
 $2^h 35^m 22^s \dots \dots \dots 8^m 19^s$ pour un tour.
 $4^m 9^s$
 $2^h 39^m 31^s$
 $4^m 9^s$
 $2^h 43^m 40^s \dots \dots \dots 8^m 18^s$ pour un tour.

SECONDE EXPÉRIENCE, DU 12 FÉVRIER 1825.

A l'aide de rallonges en carton, j'ai donné aux ailes du volant presque toute l'étendue que comporte le cadre dans lequel elles passent.

Poids moteur de 80 kilogrammes.

° Pression de 3 kilogrammes par une ficelle de fouet sur l'axe de la roue qui mène le volant.

$1^h 16^m 47^s$
 $4^m 41^s$
 $1^h 21^m 28^s$
 $4^m 21^s$
 $1^h 25^m 49^s \dots \dots \dots 9^m 2^s$ pour un tour entier de l'appareil.
 $4^m 24^s$
 $1^h 30^m 13^s$
 $4^m 36^s$
 $1^h 34^m 49^s \dots \dots \dots 9^m 0^s$ pour un tour.

° Sans pression.

$1^h 37^m 13^s$
 $1^h 45^m 17^s \dots \dots \dots 8^m 4^s$ pour un tour.
 $4^m 3^s$
 $1^h 49^m 20^s$
 $4^m 2^s$
 $1^h 53^m 22^s \dots \dots \dots 8^m 5^s$ pour un tour.

44^s
 4^m 0^s
 44^s
 4^m 3^s
 47^s 8^m 3^s pour un tour.
 4^m 1^s
 48^s
 4^m 2^s
 50^s 8^m 3^s pour un tour.

oteur de 95 kilogrammes.

ession sur l'axe de la roue qui mène le volant.

45^s
 4^m 3^s
 48^s
 4^m 3^s
 51^s 8^m 6^s pour un tour.

a de 2 kilogrammes sur l'axe de la roue dentée.

54^s
 4^m 0^s
 54^s
 4^m 3^s
 57^s 8^m 3^s pour un tour.

n de 3 kilogrammes.

3^s
 4^m 6^s
 9^s
 4^m 3^s
 12^s 8^m 9^s pour un tour.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ FILS,

ENTREPRENEUR DE L'ÉCLAIRAGE DES PHARES DE HOLLANDE ^(a).

Paris, le 21 juillet 1824.

Monsieur,

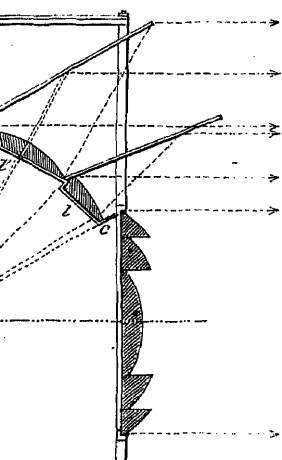
Puisque l'éclairage du phare d'Oostvoorne est maintenant une chose arrêtée par votre Gouvernement, je pense comme vous qu'il faut s'en tenir à l'appareil adopté : les avantages qu'on retirerait de celui que je vous ai proposé en dernier lieu ne sont pas assez supérieurs pour engager à revenir sur une affaire terminée. D'ailleurs il ne permettrait pas, comme celui de huit grandes lentilles, ainsi que vous l'observez, de porter les éclats au maximum d'intensité, lorsque l'emploi du gaz prolongera assez leur durée pour qu'on puisse supprimer les lentilles cylindriques intermédiaires.

Au reste, ce n'est qu'autant qu'elles seront supprimées qu'on pourra gagner de toute la portée des grandes lentilles ; car les petites lentilles cylindriques affaibliront l'intensité des éclats dans la même proportion qu'elles dilateront les cônes lumineux ^(b).

^(a) [Extrait du registre de la Correspondance administrative d'A. Fresnel.] — MM. Maritz père et fils, directeurs de la fonderie royale d'artillerie de la Haye et entrepreneurs du service des phares de Hollande, ont été les promoteurs de l'introduction dans leur pays du nouveau système d'éclairage maritime. Nous empruntons à leur correspondance avec A. Fresnel et nous publions la présente lettre, comme offrant quelques observations intéressantes sur la composition de divers phares lenticulaires, et spécialement d'un appareil tournant du second ordre à seize demi-lentilles.

^(b) Le seul complément que présentent les manuscrits de notre auteur à ce peu de mots sur l'emploi des *lentilles cylindriques intermédiaires* pour augmenter l'amplitude horizontale des éclats des phares tournants se réduit à quelques minutes de calculs, d'où il résulterait que ces pièces additionnelles auraient été groupées à 20 centimètres de distance environ autour du centre focal. Aucune suite au surplus ne paraît avoir été donnée à une combinaison qui n'eût augmenté la durée des éclats qu'aux dépens de leur intensité. Une solution plus heureuse du problème fut postérieurement indiquée par Fresnel dans sa lettre à M. Robert Stevenson, du 25 avril 1825, reproduite sous le numéro suivant.

elles n'exigeraient pas une lanterne plus large ni plus haute que l'appareil de Cordouan; puisque les lentilles additionnelles et les miroirs seront divisés en deux étages, comme dans le petit appareil fixe que nous avons fait construire dernièrement, en sorte que les rangées de miroirs dépasseront même un peu moins les miroirs de l'armature que les grands miroirs de l'appareil de Cordouan.semblerait résulter de cette disposition nouvelle une difficulté à nettoyer, entre les glaces, la seconde rangée de lentilles additionnelles, du moins quand il faudra les nettoyer à fond; car il n'est pas très-facile de les atteindre avec un époussetoir. Mais j'ai trouvé un moyen simple d'obvier à ce petit inconvénient : c'est de placer chaque couple de lentilles ll' autour d'une charnière c ,



toutes les fois qu'on voudra essayer soigneusement avec un linge leurs surfaces dans les angles rentrants. Dans ce mouvement, les miroirs restent fixes sur les montants, et les lentilles additionnelles seules tournent autour de la charnière, de manière à présenter au gardien leur surface échelonnée^(a).

J'ai évalué à quarante becs de quinquet l'intensité du feu fixe de Cordouan, non par une mesure directe, mais seulement d'après une

évaluation approximative. Cet appareil a aussi l'inconvénient de donner une lumière dans les angles de ses montants.

Le phare à feu fixe du troisième ordre nouvellement construit à Cordouan a une portée de cinq lieues marines dans des circonstances favorables; si vous désirez que ce soit la portée constante du nou-

(a) Ce dessin (reproduit ici avec quelques additions) se rapporte à l'appareil de troisième ordre (petit modèle) de 50 centimètres de diamètre intérieur, décrit ci-après au N° XVI.

et il me paraît nécessaire d'y placer un appareil du second ordre, qui coûterait 12,000 à 15,000 francs, sans y comprendre la lanterne. Il aurait 1^m,40 de diamètre entre les lentilles verticales, en sorte que le service de la lampe centrale se ferait très-commodément. Pour un prix presque moitié moindre, ou de 8,000 à 9,000 francs, vous auriez un appareil de 1 mètre de diamètre, qui, illuminé par la même lampe que le premier, vous donnerait les trois quarts de sa lumière, et dans lequel le service de l'éclairage ne pourrait se faire qu'à l'aide d'une forte échelle, qui abaisserait la lampe au-dessous des lentilles verticales lorsqu'on voudrait allumer le bec et en régler les mèches, puis la remonterait au foyer commun des lentilles ^(a).

Vous attacherez sans doute assez d'importance au phare de l'île d'Urk pour l'éclairer par un bec à trois mèches. Ce bec consomme environ 40 grammes d'huile par heure, ce qui, pour les 4,000 heures de l'année, fera une consommation annuelle de 1,760 kilogrammes. Or cette dépense annuelle équivaut à une mise de fonds de 42,240 francs. Vous voyez donc qu'en économisant 6,000 francs sur le prix de l'appareil (ce qui diminue la lumière d'un quart), vous faites à peine une économie d'un septième, si vous la comparez à la seule dépense de l'huile, et qu'elle est une fraction beaucoup plus petite encore de la dépense totale, si vous y comprenez la construction de la tour, de la lanterne, et le salaire des gardiens. A la vérité, l'appareil de 1 mètre de diamètre aura 0^m,40 de moins en largeur que celui de 1^m,40, et un peu moins de hauteur; mais l'économie résultante, ajoutée à celle de 6,000 francs sur l'acquisition de l'appareil, ne fera pas sans doute le dixième de la dépense totale. Or, si en augmentant une dépense d'un dixième vous augmentez d'un tiers la lumière pour laquelle toute cette

^(a) L'appareil de troisième ordre de 1 mètre de diamètre, dont la construction avait été commencée en régie sous la direction d'A. Fresnel, ne fut monté qu'après sa mort. L'expérience a d'ailleurs prouvé que, dans les appareils de cette espèce, le service de la lampe focale s'effectue facilement sans déplacement.

ment de la dépense première ?

Mais, dira-t-on, cet accroissement d'un tiers dans l'intensité de la lumière est superflu. Je ne le crois pas, parce que les feux fixes sont toujours beaucoup moins brillants que les feux tournants de mêmes dimensions, et que vos côtes sont assez sujettes aux brouillards.

Quant à l'appareil à feux tournants que vous voulez établir à Nieuport, je crois qu'il faudrait aussi y employer des lentilles de 0^m,70 de foyer, puisque vous voulez en colorer les feux, ce qui réduira leur intensité à un tiers ou à un quart. Pour rendre les éclats fréquents, il faudrait, comme vous le proposez, diviser la partie verticale de l'appareil en seize demi-lentilles. Illuminées par un bec à trois mèches, elles donneront à peu près la lumière de six ou sept cents lampes de Carcel, à l'instant du maximum de chaque éclat, et seulement de deux cents lampes semblables quand elles seront recouvertes d'une glace rouge fortement colorée. Les huit lentilles additionnelles pourront avoir la même superficie que celles de Cordouan, sans que leurs miroirs dépassent beaucoup les montants de l'armature, en les faisant à deux rangs; mais, n'étant éclairées que par un bec triple, elles auront moins de portée. Je crains qu'en divisant leurs feux en seize éclats au lieu de huit, on ne les affaiblisse trop, et qu'il n'en résulte quelquefois des méprises lorsque la distance ou l'état de l'atmosphère empêcheront de les apercevoir. Il serait peut-être préférable de ne faire produire aux lentilles additionnelles que huit éclats, qui se lieraient à ceux des huit demi-lentilles verticales devant lesquelles vous auriez placé des verres rouges, ce qui produirait alternativement des éclats blancs et d'autres éclats dont la première moitié serait blanche et la deuxième rouge, ou inversement. J'estime qu'à cinq lieues marines la portée des apparitions serait en somme au moins la moitié de celle des épreuves. Mais l'emploi du gaz vous permettrait de les rendre égales, sans augmenter la dépense de l'éclairage.

Si ce phare n'a pas besoin d'avoir autant de portée que je le suppose, on pourrait le composer de seize lentilles verticales de 0^m,50 de

même de vous envoyer un croquis de l'appareil quand vous en aurez arrêté les dimensions^(a). Mais en réduisant les dimensions de vos appareils, ne perdez pas de vue, je vous prie, Monsieur, les réflexions que viens de vous communiquer sur les principes de la véritable économie dans l'éclairage des phares.

M. Wagner et M. Soleil trouvent tout naturel que vous preniez les précautions nécessaires contre les retards dans l'envoi de leurs fouritures, et se soumettent à l'avance à ces clauses du marché.

Agréez, Monsieur, l'assurance de la considération très-distinguée avec laquelle j'ai l'honneur d'être votre très-humble et très-obéissant serviteur.

A. FRESNEL.

P. S. Monsieur Maritz [père] m'avait offert de m'envoyer le dessin d'une fort belle lanterne que vous avez fait construire en Hollande; je serais bien reconnaissant, Monsieur, si vous aviez la bonté de m'envoyer une copie, et d'y joindre un croquis d'une des lanternes des phares d'Angleterre qui vous semblent les mieux entendues.

[2^e] P. S. J'ai tâché d'évaluer d'avance l'effet des demi-lentilles additionnelles que vous proposez, Monsieur, pour le phare de Nieuport, et je trouve que le maximum d'éclat de chaque demi-lentille de 0^m,50 de foyer, éclairée par un bec triple, équivaldrait à cent cinquante lampes de Carcel : ainsi, elles n'auraient pas à un degré beaucoup plus sensible que les feux rouges l'inconvénient d'être quel-

^(a) Ce dessin, adressé en communication à M. Maritz par Fresnel, lui fut renvoyé et s'est trouvé dans ses papiers. La planche VII le reproduit réduit à l'échelle de 4 centimètres pour être. Les dispositions générales sont conformes à celles du phare de Cordouan, sauf en ce qui concerne l'addition d'un appareil accessoire à feu fixe, que le Comité des phares de Hollande avait cru devoir écarter comme pouvant donner lieu à quelque méprise, crainte qui ne nous paraît nullement fondée.

Nous avons complété ce dessin du profil coté d'une lentille de second ordre, dressé après les résultats des calculs de Fresnel.

sans augmenter notablement les chances de méprises, sur-
marins sont prévenus et savent que, par un temps brumeux,
grande distance, ils peuvent perdre de vue les petits feux
même les feux rouges⁽¹⁾. Néanmoins, dans l'autre combinai-
s les lentilles additionnelles auraient une valeur *maxima* de trois
pes de Carcel, et se relieraient aux feux rouges en les pré-
les suivant, il serait plus difficile de perdre de vue un éclat
de se méprendre sur le nombre des éclats qui se succède-
ns un intervalle de temps donné. Au reste, c'est à vous,
et à votre Gouvernement, qui savez quelle portée doivent
feux pour satisfaire aux besoins de la navigation, qu'il ap-
le choisir entre les deux combinaisons.

minierai cette longue lettre par une observation qu'il ne faut
e de vue en comparant la portée des feux fixes et des feux
: c'est que le maximum d'éclat d'un feu tournant ne produit
œil une sensation aussi vive à beaucoup près qu'une lumière
intensité égale.

ailard affaiblira les feux blancs
lus forte proportion que les
qu'il rougit ceux-ci; en sorte
arriver que les feux rouges
blancs des demi-lentilles addi-

tionnelles, que je suppose dans le rapport
de 200 à 150, se trouvent dans le rapport
de 2 à 1, et qu'ainsi les premiers soient
beaucoup plus aisément aperçus que les
seconds.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STEVENSON^(a),

INGÉNIEUR DES PHARES D'ÉCOSSE.

Paris, le 26 avril 1825.

Monsieur,

J'ai l'honneur de vous offrir un extrait de mon Mémoire sur la double réfraction; j'y joins deux autres exemplaires que je vous prie d'avoir la bonté de remettre à MM. Brewster et Leslie. J'ai déjà pris la liberté de vous envoyer dernièrement un paquet semblable; je ne sais pas s'il vous est parvenu.

Votre lettre du 12 février, que j'ai reçue au commencement d'avril, me faisait espérer une seconde lettre, qui ne m'est pas encore parvenue. Je pense qu'il serait plus sûr d'employer la poste que les occasions, lorsque nous n'avons que de simples lettres à nous envoyer.

J'ai essayé les nouvelles lentilles que M. Soleil a fabriquées en observant toutes les précautions que je lui avais recommandées, et je les ai trouvées beaucoup plus exactes que les premières. Ce résultat avantageux est dû, en grande partie, à l'intelligence et au zèle avec lesquels MM. Boulard et Tabouret, employés de la Commission des

^(a) Cette lettre, classée d'abord dans la Correspondance de Fresnel relative aux phares, a dû paru devoir en être retirée pour figurer parmi les Mémoires, en raison de l'importance de quelques-unes des indications qu'elle renferme, notamment en ce qui touche une disposition nouvelle de la partie accessoire des appareils à éclipses.

L'éminent ingénieur écossais à qui fut adressée cette série d'observations était venu en France l'année précédente, pour étudier le système des phares lenticulaires, et avait été mis officiellement en rapport avec Augustin Fresnel, par le conseiller d'État directeur général des ponts et chaussées et des mines.

es de nouvelle fabrication sont plus puissantes comme verres
donneront aussi une lumière plus vive dans l'éclairage des
omme je m'en suis assuré samedi dernier par une expérience
résence du prince Wolkonsky, ambassadeur extraordinaire

En illuminant toujours la lentille par une lampe portant
ches concentriques, j'ai trouvé que l'intensité de la lumière
xe équivalait à 3,960 ^(a) lampes de Carcel. Dans l'expérience
faite avec vous, en employant une des lentilles qui vous
voyées; nous n'avions trouvé que 2,443 lampes de Carcel :
ce serait de 1,500 lampes de Carcel; c'est-à-dire que l'in-
la lumière serait augmentée de plus de moitié, de près des
du moins suivant la direction de l'axe; car il est probable
te du cône lumineux n'a pas augmenté d'éclat dans la même
, et qu'il peut même se trouver affaibli vers ses rayons
n raison de la concentration de la lumière dans la direction
; mais, en somme, il y aura un accroissement sensible dans
reçue par les navigateurs.

venu dernièrement l'idée d'appliquer aux feux tournants,
placer les lentilles additionnelles, des glaces légèrement
emblables à celles que je fais exécuter maintenant par M. So-
les phares à feu fixe; je suis sûr d'obtenir ainsi, pour la
partie de l'éclat, un cône lumineux à la fois plus brillant
endu; je suis persuadé que ces miroirs cylindriques, subs-
lentilles additionnelles et à leurs glaces, apporteront une
ion notable dans l'effet des éclats, dont la première partie
ois plus longue et mieux nourrie. Alors on aura tiré de la lu-

lat nous semble un peu fort. Au surplus les expériences photométriques, dans
compare les intensités des ombres portées simultanément par une lampe prise
une lentille de verre illuminée par une flamme focale, ne comportent pas une
ion, eu égard à la différence de couleur des deux ombres, l'une verdâtre et
tre.

près cela de perfectionnements importants à faire dans l'appareil d'éclairage^(a).

Vos marins ont pu déjà vous donner des nouvelles du petit phare de Dunkerque, que vous avez vu à Paris, et dont l'éclairage a commencé le 1^{er} février. On l'aperçoit d'assez loin, malgré la petitesse de ses dimensions. En les doublant, c'est-à-dire en lui donnant 1 mètre de diamètre au lieu 0^m,50, on doublerait presque l'effet qu'il produit, sans changer la lampe ou la dépense d'huile : c'est ce que nous ferons sans doute pour plusieurs phares du troisième ordre.

Notre Commission des phares s'est occupée, vendredi dernier, du système général de l'éclairage des côtes de France, et l'arrêtera sans doute définitivement dans sa prochaine séance. Lorsque ce tableau de la distribution des feux des différents ordres sur les côtes de France

^(a) Ce paragraphe doit être particulièrement remarqué, et, eu égard à son importance, nous ne croyons pas inutile de rappeler sommairement ici les explications données à ce sujet dans notre *Introduction*.

La combinaison que Fresnel indique pour prolonger les éclats des lentilles tournantes, et qu'il semble présenter comme toute nouvelle, reproduit l'idée déjà consignée par lui dans le *post-scriptum* de son Mémoire sur les phares publié en 1823 (N^o VIII), sauf cette seule différence qu'ici les *miroirs concaves* sont substitués aux *miroirs plans*. Théoriquement, il ne s'agissait, dans un cas comme dans l'autre, que de rattacher aux panneaux lenticulaires des réflecteurs composés de zones paraboliques échelonnées autour d'un axe commun, et l'on aurait d'ailleurs fait diverger les axes des lentilles et des réflecteurs de manière à donner toute l'amplitude possible au double faisceau lumineux.

Nous avons figuré cette combinaison sur la planche VIII, laquelle n'est que la traduction graphique des indications ressortant du passage ci-dessus, en supposant toutefois, pour éviter une inutile complication, les zones catoptriques annulaires et continues.

Fresnel suivait ici le programme des phares à *éclipses totales*, auquel les marins et les ingénieurs anglais donnent une préférence peut-être trop exclusive, et y satisfaisait par la meilleure solution que pussent lui fournir les éléments optiques à sa disposition. Il ne lui restait plus qu'à porter l'*effet utile* de ce système mixte au maximum, en substituant la *réflexion totale* à la *réflexion spéculaire*. C'est ce qu'il fit l'année suivante de la manière la plus heureuse, mais seulement pour de petits fanaux à feu fixe. Une mort prématurée l'enleva à ses travaux avant qu'il eût pu appliquer cette dernière et féconde invention à la partie accessoire de ses appareils fixes et tournants des ordres supérieurs.

vous en envoyer une copie.

z, Monsieur, les sentiments de haute considération avec lesquels
neur d'être,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur.

A. FRESNEL

APPAREIL DIOPTRIQUE DE TROISIÈME ORDRE

À FEU FIXE,

PROVISOIREMENT INSTALLÉ À DUNKERQUE.

N° XVI (A).

NOTE

SUR UN PETIT PHARE LENTICULAIRE DE TROISIÈME ORDRE

À FEU FIXE ^(a).

[Bulletin de la Société philomathique, cahier d'avril 1824.]

M. Fresnel a présenté à l'Académie des sciences, dans sa séance du

^(a) Nous avons déjà fait observer, à l'occasion du paragraphe bâtonné sur le manuscrit autographe de la Note II, annexée au Mémoire N° VI (p. 88), que la Commission des phares, dans ses premières études d'un système d'éclairage des côtes de France, avait cru ne devoir y admettre que des appareils à *feu changeant*. L'exclusion des *feux fixes*, sur laquelle un plus mûr examen a depuis revenir, explique pourquoi Fresnel ne s'occupa que si tardivement des détails de leur composition dans son système dioptrique. Le problème était d'ailleurs théoriquement résolu : en effet, le même profil échelonné qui, par sa révolution autour de l'axe focal, engendrait la lentille polyzonale, devait produire, par sa révolution autour de la perpendiculaire élevée au foyer sur le même axe, un tambour dioptrique qui réfracterait parallèlement au plan équatorial et distribuerait uniformément dans tous les azimuts les rayons incidents émanés du centre focal. Le même mode de génération s'appliquait également à la partie accessoire, sauf à la diviser en plusieurs étages pour la rendre moins encombrante et en faciliter l'exécution. C'est ainsi que fut composé le petit appareil à feu fixe dont la description fait l'objet de la présente Note; mais, à défaut des équipages mécaniques nécessaires pour l'exécution des zones optiques sous forme annulaire, il fallut adopter la forme polygonale. Voyez la planche IX, qui présente les profils vertical et horizontal dudit appareil réduits à l'échelle de $\frac{1}{10}$ d'après l'épure d'A. Fresnel.

sième ordre; il doit être placé sur le *Pilier*, écueil situé à la Loire^(b), et sa lumière pourra être aperçue de tous les quatre lieues marines de distance. Il est difficile de donner bien nette de sa construction sans le secours d'un dessin : nous cependant de le décrire en peu de mots.

Il est illuminé par un seul bec de lampe placé au centre, deux mèches concentriques et donne une lumière équivalente à deux lampes et demie de Carcel, en consommant 190 grammes par heure. Cette lampe est entourée de lentilles verticales à l'intérieur desquelles arrivent tous les rayons lumineux compris dans un angle de 15 degrés au-dessous et au-dessus du plan horizontal passant par le foyer commun, c'est-à-dire au moins la moitié des rayons qui émanent du point. Ces lentilles et leurs échelons sont terminés d'un côté par une surface plane, et de l'autre par des portions de surfaces cylindriques dont les arêtes se trouvent dans une situation horizontale. Ainsi la distance de ces verres reste constante dans le sens horizontal, et varie dans le sens vertical, de manière que les rayons réfractés restent parallèles à l'horizon, en conservant d'ailleurs leur divergence primitive, pour qu'ils se répandent également de tous côtés. Les arêtes de ces portions de surfaces cylindriques forment autour de la lumière centrale un polygone régulier de seize côtés dont le diamètre intérieur est de 0^m,50.

Au-dessus et au-dessous de cette partie verticale de l'appareil, une douzième lentille cylindrique reçoit les rayons compris dans un angle de 15 degrés et les réfracte suivant des directions obliques dans des plans passant par le foyer commun et l'arête horizontale de la partie centrale; seize miroirs étamés

distance de cette date avec celle du *Bulletin* s'explique par le retard de la publication du cahier d'avril.

Il a été précédemment décidé que l'écueil du Pilier serait signalé par un appareil à feu à éclats.

rangée inférieure, ramènent les rayons, par réflexion, à des directions horizontales. Il y a encore au-dessus de la rangée supérieure une seconde rangée de lentilles semblables, qui entourent la cheminée de la lampe en ne laissant que l'ouverture nécessaire; de cette manière, la lumière centrale est comme enveloppée par l'appareil lenticulaire, qui recueille presque tous ses rayons.

Pour qu'ils fussent distribués avec une exacte uniformité sur l'horizon, il faudrait que les polygones de seize côtés dont nous venons de parler revinssent des circonférences de cercle, et que les miroirs étamés, au lieu de former des troncs de pyramide à seize pans, se courbassent en surfaces coniques; mais il en serait résulté, pour les miroirs, une augmentation de prix considérable.

Ce phare a été mis en expérience avant l'exécution de la rangée supérieure des lentilles additionnelles, et voici les résultats des mesures : dans les directions les mieux éclairées, sa lumière est égale à celle de quarante-huit lampes de Carcel; dans les angles occupés par les huit montants de cuivre qui soutiennent les lentilles verticales, elle équivaut encore à vingt-trois lampes de Carcel, et pourrait, à la rigueur, être aperçue, par un temps favorable, à six lieues marines de distance. Enfin, dans les autres angles du polygone, où les verres sont collés bord à bord, la lumière équivaut à trente et une lampes de Carcel. Les verres de la rangée inférieure seront disposés de manière que leur maximum de lumière corresponde aux angles des montants qui sont les moins éclairés.

Ce fanal présente de tous les côtés une barre de feu verticale ayant 1^m,65 de hauteur et la même largeur que la flamme centrale, qui a 0^m,04. Il est facile de se rendre raison de cet effet optique des lentilles cylindriques. L'aspect particulier de ce fanal pourrait ainsi le faire distinguer d'un feu allumé accidentellement sur la côte, même à une distance de trois à quatre lieues, en se servant d'une lunette qui grossirait vingt fois.

Un appareil dioptrique construit dans le même système, mais sur

es, qui brûle une livre et demie d'huile par heure, enver-
us les points de l'horizon à la fois, une lumière égale à
ampes de Carcel; et la barre de feu qu'il présenterait aurait
mètres de hauteur. Les expériences que M. Fresnel vient
l'application du gaz d'huile à l'éclairage des phares, et
endrons compte dans le prochain numéro, donnent l'espoir
de porter la lumière de ces phares à feu fixe du premier
à une intensité de quatre cents lampes de Carcel ou cinq
de quinquet, en plaçant au centre de l'appareil un bec
osé de cinq couronnes concentriques.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY,

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES ^(*).

Paris, le 3 octobre 1824.

Monsieur le Directeur général,

J'ai l'honneur de vous informer que la lanterne et le petit appareil feu fixe destinés pour le phare de Dunkerque, après avoir été examinés par M. l'inspecteur général Sganzin, qui les a trouvés bien confectionnés, ont été emballés et mis au roulage accéléré. Ils partiront mardi pour Dunkerque.

Je vous prie, Monsieur le Directeur général, de m'autoriser à envoyer à Dunkerque M. Boulard, conducteur attaché à la Commission des phares, pour diriger, sous les ordres de M. l'ingénieur en chef Cosquillon, l'installation de l'appareil et former les gardiens au service des nouvelles lampes.

M. Soleil fils, qui a construit l'armature de l'appareil et la lanterne, offre d'aider à les installer moyennant une indemnité de 120 francs pour son voyage et ses journées comptées à 5 francs chacune. M. Boulard, ayant pris une connaissance très-détaillée de toutes les pièces de l'appareil et de la lanterne, peut à la rigueur se passer du secours de l'artiste qui les a construits. Néanmoins, si quelque pièce venait à être cassée ou cassée par accident, personne mieux que M. Soleil fils ne serait capable d'y remédier promptement. Cette considération, jointe

(*) La reproduction de cette lettre administrative et de la suivante nous a paru de quelque intérêt, comme fixant les dates de l'achèvement et de l'installation du second appareil lentillaire exécuté sur les dessins d'A. Fresnel. Il s'occupait dès lors de la construction des appareils d'éclairage des phares de l'île Planier (près de Marseille), de Chassiron (île d'Oléron), de la Pointe des Baleines (île de Ré), de Belle-Île, etc. mais sa fin prématurée vana leur achèvement.

cepter la proposition de M. Soleil. D'ailleurs l'augmentation d'installation qui en résultera ne sera pas même de peu, puisque cet artiste, aidant en même temps de ses conseils, comme ouvrier, remplacera le mécanicien ou le serrurier que qu'il aurait fallu employer ^(a).

cc.

A. FRESNEL.

ils, qui acceptait cette mission si modeste et si faiblement rétribuée, est ce qui s'est fait connaître du monde savant par d'ingénieux perfectionnements dans la construction des appareils pour l'étude des phénomènes de la diffraction, de la polarisation et de la double réfraction de la lumière.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY.

Paris, le 4 novembre 1824.

Monsieur le Directeur général,

Je viens de recevoir une lettre de M. l'ingénieur en chef Bosquillon, qui me prévient que vous êtes informé par son rapport de l'installation de la lanterne et de l'appareil d'éclairage du phare de Dunkerque. J'ai l'honneur de vous proposer, Monsieur le Directeur général, d'annoncer aux marins que ce phare sera allumé à partir du 1^{er} février de l'année prochaine, en faisant publier dans les journaux l'avis suivant : « Les navigateurs sont avertis que, à partir du 1^{er} février 1825, il sera allumé à Dunkerque, sur la tour de l'Heuguenar, située sur le quai, dans la direction du chenal, un petit feu fixe qui pourra être aperçu en temps ordinaire jusqu'à la distance de six lieues. Ce phare et le fanal établi à l'extrémité de la jetée donneront précisément l'alignement du chenal. »

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

NOTE

SUR LES PHARES.^{(1) (a).}

Sur les côtes, pour guider les navigateurs, deux sortes de feux fixes et les feux tournants. Les premiers envoient à la fois vers tous les points de l'horizon; les seconds, en mouvement de rotation de l'appareil d'éclairage, permettent de diriger les rayons lumineux en faisceaux plus brillants, qui se succèdent alors séparés par des angles privés de lumière; ces cônes lumineux et ces angles obscurs, faisant le tour de l'horizon pendant la rotation de l'appareil, vont rencontrer l'œil de l'observateur, en sorte qu'il soit situé. Ce passage alternatif d'angles obscurs et d'angles brillants lui présente une succession d'éclipses et d'éclats, qui constitue pour ces sortes de phares un caractère particulier, facile à dis-

tinguer. Le mouvement des appareils d'éclairage est toujours de ramener vers l'horizon les rayons de lumière qui émanent de l'objet éclairant; seuls les uns les concentrent dans les angles chargés de lumière, tandis que les autres les dispersent, et les éclats, tandis que les autres doivent laisser les rayons lumineux vers tous les points de l'horizon, de manière à les éclairer

Pour de plus amples détails, le *Bulletin de la Société philomathique*, avril 1824.

Cette Note, rédigée en 1825, paraît avoir été destinée au *Moniteur*, où toutefois nous ne l'avons pas cherchée. Après avoir sommairement exposé les conditions principales à remplir pour l'éclairage des côtes maritimes, l'auteur insiste particulièrement sur les dispositions à adopter par lui pour les appareils lenticulaires à feu fixe, en rappelant la description contenue dans la Note précédente du premier appareil de cette espèce exécuté sur ses ordres et présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 3 mai 1824.

séquence que les feux tournants doivent avoir, sous le rapport de l'intensité de la lumière, une grande supériorité sur les feux fixes. Cette supériorité est compensée en partie par la prolongation de la sensation que ceux-ci procurent à l'œil du navigateur, et par cet autre avantage qu'on ne les perd jamais de vue. D'ailleurs il est nécessaire d'employer alternativement sur les divers points les feux fixes et les feux à éclipses, pour éviter la confusion.

Nous avons déjà parlé des perfectionnements que M. Fresnel a apportés dans le système d'éclairage des phares à feux tournants, en substituant de grands verres ardents aux réflecteurs paraboliques qu'on avait employés jusqu'alors. La supériorité des nouveaux appareils tient particulièrement à ce que la lumière est beaucoup moins affaiblie par la réfraction au travers du verre que par sa réflexion sur des miroirs métalliques et même sur des glaces étamées. M. Fresnel a appliqué les mêmes principes, avec un égal succès, à l'éclairage des phares à feu fixe, et il a présenté, l'année dernière, à l'Institut un petit appareil de ce genre, qui est maintenant établi à Dunkerque.

La lumière est toujours placée au centre de l'appareil. Elle est entourée de lentilles cylindriques verticales, qui ramènent vers l'horizon tous les rayons tombés sur leur surface. Mais les morceaux de verre dont elles se composent ne sont courbes et prismatiques que dans le sens vertical, et ne changent ainsi la direction des rayons que dans ce sens seulement, en leur laissant leur divergence horizontale^(a). Par ce moyen, plus de la moitié de la lumière qui émane de la lampe est dirigée sur la surface de la mer.

M. Fresnel a voulu tirer encore parti des rayons qui passent par-dessus et par-dessous cette enceinte verticale de lentilles cylindriques, et pour cela il a placé d'autres lentilles au-dessus et au-dessous, de manière à envelopper la lumière centrale et à recevoir la presque totalité de ses rayons. Mais dans cette partie supplémentaire de l'appareil

^{a)} Voir la note (a) du N° XVI (A), p. 209.

ange d'employer de petites glaces convexes, et de faire passer des rayons que la seule réfraction n'aurait pu briser, à cause de leur forte inclinaison. Ainsi la partie principale du petit phare à feu fixe est simplement dioptrique, et la partie accessoire est à la fois dioptrique et catoptrique. M. Fresnel a supprimé dorénavant dans celle-ci les lentilles additionnelles, en employant des glaces légèrement courbes^(a).

Le phare établi à Dunkerque n'a que 0^m,50 de diamètre intérieur, et est éclairé par un bec de lampe portant deux mèches convenues, qui équivalent à quatre lampes et demie de Carcel. Dans les parties les mieux éclairées, sa lumière est égale à celle de quatre lampes de Carcel; dans les angles occupés par les huit plaques de cuivre qui soutiennent les lentilles, elle équivalent encore à quatre lampes de Carcel. En somme, la lumière centrale est complétée par l'effet de l'appareil. Avec un appareil de six pieds de diamètre, éclairé par une lampe à quatre mèches équivalant à quatre lampes de Carcel ou vingt-deux becs de quinquet, M. Fresnel peut obtenir une augmentation beaucoup plus considérable de la portée, et porter sur tous les points de l'horizon une lumière qui donneraient quatre cents becs de quinquet. On augmente cet effet en employant le gaz d'huile, qui permettra d'augmenter davantage le nombre des flammes concentriques.

On a remplacé, dans la partie accessoire de ses appareils d'éclairage, les zones convexes et de miroirs plans par des zones polygonales de petits miroirs concaves. M. Fresnel imagina d'y substituer des anneaux de verre à réflexion totale. On commença d'abord à de petits fanaux de 0^m,25 à 0^m,30 de diamètre, en attendant qu'on pût introduire, dans la composition des appareils d'éclairage des ordres supérieurs, une amélioration d'un si haut intérêt, sous le double rapport théorique et pratique. (XXI.)

APPAREILS DIOPTRIQUES DE PREMIER ORDRE

A FEU FIXE,

AVEC SYSTÈME ACCESSOIRE CATOPTRIQUE ⁽¹⁾.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL,

OPTICIEN.

Paris, le 14 mai 1824.

Monsieur,

Je vous ai prévenu depuis longtemps que M. le directeur général des ponts et chaussées avait ordonné, par sa décision du 4 septembre 1824,

⁽¹⁾ En l'absence de toute Note de notre auteur sur l'ensemble des combinaisons imaginées pour lui pour ses grands appareils dioptriques à feu fixe, nous reproduisons cette simple demande administrative, comme nous fournissant des dates authentiques et pouvant servir de texte aux explications sommaires que nous avons à présenter à ce sujet.

Dans notre première annotation au N° XVI (A), nous avons fait observer que, lorsque Fresnel fut tardivement appelé à s'occuper de la composition des appareils dioptriques à feu fixe, il avait déjà implicitement résolu le problème théorique par ses études sur les appareils catoptriques. En effet, quant à la partie principale, le profil lenticulaire échelonné, qui, par sa révolution autour de son axe optique, engendre la lentille polyzonale plan-convexe, doit être, par sa révolution autour de la perpendiculaire élevée sur le même axe au centre du tambour dioptrique d'un appareil à feu fixe. — Pareil mode de génération s'appliquerait également à la partie accessoire destinée à recueillir et projeter sur l'horizon les rayons focaux divergeant au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique; mais ici trois combinaisons principales sont à considérer, savoir :

1° Des zones catoptriques étagées, engendrées par des arcs paraboliques ayant pour foyer commun, à la partie supérieure, le foyer commun, et, à la partie inférieure, un point de la flamme centrale non occultée par le bec de la lampe;

2° Un système mixte [tel que celui du petit appareil de Dunkerque (N° XVI)], formé de courbes concaves et convexes de zones dioptriques et catoptriques;

3° Des anneaux de verre à section prismatique, profilés de manière à réfléchir totalement les rayons focaux incidents, dans tous leurs méridiens, les rayons focaux incidents.

La dernière combinaison est évidemment de beaucoup préférable aux deux autres. Mais,

Chassiron [île d'Oléron]. Je vous engage de nouveau à terminer promptement la construction des machines nécessaires pour des glaces courbes et des verres lenticulaires. L'attribution des phares doit proposer à M. le directeur général

Il ne l'imagina que peu de temps avant sa fin prématurée et ne la réalisa qu'à petite échelle, nous ne la mentionnons ici que pour mémoire.

La combinaison, indépendamment de graves difficultés d'exécution, est théoriquement meilleure à la première, eu égard à la fraction de lumière absorbée par les zones

et doit s'arrêter à la première combinaison. L'appareil de premier ordre attribué à M. Soleil, pour le phare de Chassiron, dut en conséquence se composer d'un dioptrique surmonté d'une coupole de zones catoptriques de glaces concaves sur un soubassement formé de glaces de même espèce étagées comme les lames de la lunette.

Il pouvait encore être question, avec des moyens mécaniques très-restreints, d'excuser l'anneau annulaire les zones dioptriques et catoptriques. Il fallut donc recourir de nouveau au système polygonal, sauf à multiplier les facettes de manière à distribuer la lumière sur l'horizon aussi uniformément que possible.

Le dessin esquissé, d'après les dessins et résultats de calculs de Fresnel, et réuni sur une planche les figures nécessaires pour donner une idée complète de l'ensemble et des détails de la partie optique de son appareil, dont la description peut être ainsi

Le dioptrique, de 0^m,92 de rayon intérieur et de 1 mètre de hauteur, forme un cylindre régulier à trente-deux pans, réunis deux à deux dans un cadre en bronze et chacun dix-sept éléments cylindriques (plans-convexes) profilés comme les segments correspondants des grandes lentilles polyzonales.

La coupole catoptrique, de 1^m,10 de hauteur, se compose de sept zones, comprenant chacune deux miroirs à courbure cylindrique.

Le dioptrique inférieur, de 1^m,50 de diamètre intérieur sur 0^m,66 de hauteur, est formé de quatre zones superposées de trente-deux miroirs chacune.

La machine en fer relie tout le système optique, au centre duquel s'installe sur un socle une machine mécanique, ainsi que dans l'appareil tournant figuré sur la planche IV.

Le miroir, enchâssé dans un cadre en cuivre, est soutenu par deux cours de tringles et se rattache à trois pattes à vis servant en même temps à régler sa position. — Il faut observer que, pour obtenir une distribution aussi égale que possible de la lumière dans les divers azimuts, on doit faire correspondre les milieux des fuseaux catoptriques du tambour dioptrique.

Quand il ne s'agit pas d'un phare isolé en mer, on place dans le secteur qui

rez sans doute chargé de leur fabrication, si vous apportez dans l'exécution de celui-ci la célérité et l'exactitude demandées.

Je joins à cette lettre un tableau contenant les largeurs verticales des anneaux de l'appareil à feu fixe du premier ordre, les longueurs de leurs rayons de courbure et les distances verticales et horizontales qui donnent la position de leurs centres de courbure. (Voyez au verso.) J'ai l'honneur d'être, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

nt rester obscur un miroir sphérique, pour renvoyer au foyer commun les rayons diver-
ant du côté de terre.

L'effet utile moyen d'un appareil polygonal ainsi disposé peut être évalué à 280 becs de
rcel pour la partie dioptrique, et à 120 becs pour les deux parties accessoires, ce qui
ne un éclat total de 400 becs, répondant à peu près aux prévisions de l'inventeur.

L'exécution des éléments optiques de l'appareil de Chassiron et l'établissement des équi-
ges mécaniques qu'elle nécessita présentèrent au début de graves difficultés, que Fresnel
rvint à surmonter. Il ne vécut pas assez pour voir terminer le premier grand appareil
ptrique à feu fixe; mais il obtint, dans ses derniers jours, un résultat d'une tout autre
portance par l'exécution complète d'un petit fanal *catadioptrique* à éléments annulaires,
vant la troisième combinaison ci-dessus indiquée, qui fut le couronnement de son
vre. (Voyez N° XXI.)

LARGEURS ET COURBURES

DES ANNEAUX CYLINDRIQUES

DES PHARES À FEU FIXE DU PREMIER ORDRE.

[Tableau annexé à la lettre précédente.]

LARGEURS VERTICALES des anneaux.	LONGUEURS DES RAYONS de courbure.	DISTANCE VERTICALE du centre de courbure au bord mince de l'anneau.	DISTANCE HORIZONTALE du centre de courbure à la surface intérieure de l'anneau.	OBSERVATIONS.
mm	mm	mm	mm	
280,00	483,50	140,00	454,79	Pour le numéro 1 le centre de courbure répond au milieu de la largeur de l'anneau.
68,15	543,60	221,23	488,55	Les distances verticales et horizontales se rapportent à la position des anneaux dans l'appareil d'éclairage, et non à celle qu'ils auront sur les machines avec lesquelles on les rodera.
54,25	598,62	294,12	513,38	La hauteur totale des lentilles verticales sera de 980 millimètres.
46,80	659,77	366,20	540,81	Elles seront au nombre de seize et formeront autour de la lampe centrale un polygone régulier de trente-deux côtés et dont le rayon intérieur sera égal à 930 millimètres.
41,30	719,84	435,36	565,27	La longueur de chacun des trente-deux morceaux, en déduisant l'épaisseur du cadre sera de { } en dedans du polygone.
36,94	779,48	502,37	588,00	
34,79	846,45	573,73	614,35	
34,00	911,94	644,78	636,90	
33,77	982,35	720,17	660,11	

APPAREILS A FEU FIXE

VARIÉ PAR DES ÉCLATS ^(a).

N° XVIII (A).

EXPÉRIENCES

SUR UN APPAREIL DIOPTRIQUE À FEU FIXE

VARIÉ PAR DES ÉCLATS

PRÉCÉDÉS ET SUIVIS DE COURTES ÉCLIPSES.

PREMIÈRE CONVOCATION DE LA COMMISSION DES PHARES.

Paris, le 8 mai 1825.

M. Fresnel a l'honneur de prévenir MM. [Halgan, de Prony, Tarbé, And, de Rossel, Arago et Mathieu] que les membres de la Com-

Nous nous retrouvons ici dans la nécessité de suppléer par quelques explications à l'absence d'une Notice de notre auteur spécialement relative à l'ingénieuse combinaison qui fait l'objet des documents réunis sous le présent N° XVIII.

En mois d'avril 1825, la Commission des phares avait arrêté les bases principales de son plan général d'éclairage des côtes de France, reproduit ci-après sous le N° XX. Les phares primitivement dits devaient être au nombre de 51, savoir :

1 ^{er} ordre.....	28	} 51
2 ^e ordre.....	5	
3 ^e ordre.....	18	

la question des divers caractères à donner aux feux, à l'effet d'obvier autant que possible aux fatales méprises, avait été longuement étudiée et discutée par la Commission. Or, on avait écarté les *feux colorés*, comme de trop courte portée, et toutes les combinai-

lès l'abord n'offraient pas un caractère bien tranché, on se trouvait réduit à ces

feux à éclats apparaissant de minute en minute et alternant avec des éclipses plus

complètes;

feux à éclats se succédant de 30 en 30 secondes;

feux fixes.

Les effets pouvaient être facilement obtenus avec les appareils des deux premiers
ayant respectivement 1^m,84 et 1^m,40 de diamètre intérieur; mais pour le troisième
de 0^m,50 à 1 mètre de diamètre, qui ne pouvait produire que de médiocres éclats,
il a paru d'abord ne devoir admettre que des feux fixes, tout en reconnaissant qu'il
pourrait résulter des chances de confusion.

Pour rompre cette uniformité que Fresnel imagina la combinaison toute nouvelle
qui se trouve ainsi qu'il suit dans son Rapport du 22 avril 1825 (N° XIX) SUR LES CARAC-
TÉRISTIQUES DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE :

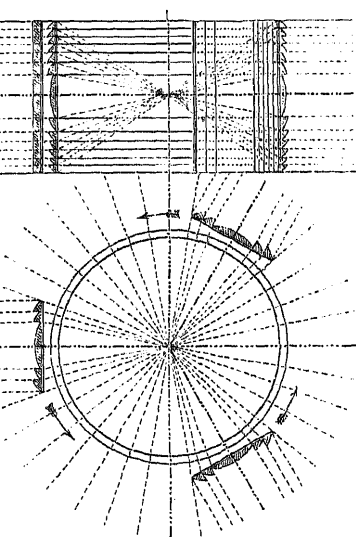
Il était cependant indispensable de trouver un moyen de les différen-
cier [des feux de troisième ordre] soit entre eux, soit entre les phares voisins du
premier ou du second ordre, que les marins auraient pu quelquefois confondre
les feux de troisième ordre, malgré la grande différence d'éclat et de
couleur. Pour cela il suffira de faire tourner autour de ceux de ces feux fixes
on voudra donner un caractère particulier un appareil portant trois
lentilles cylindriques [équidistantes]. Elles seront semblables * à celles
à feu fixe [ou plutôt engendrées par le même profil], mais auront
une surface latérale dirigée dans le sens horizontal, au lieu d'être courbées dans le
vertical, comme celles-ci; en sorte qu'en passant devant elles, elles pro-
duisent chacune, par leur superposition, un effet semblable à celui des lentilles
cylindriques ou annulaires [polyzonales], c'est-à-dire qu'elles diminueront la di-
vergence des rayons dans le sens horizontal, et les rassembleront en un cône
étroit qui donnera la sensation d'un éclat quand il passera par l'œil de
l'observateur; mais il est évident que cet accroissement de lumière dans une
direction ne pourra avoir lieu qu'aux dépens de celle qui éclairait les directions
latérales, et qu'ainsi chaque éclat sera précédé et suivi d'une petite éclipse.

L'expérience a montré à la Commission que ce sont principalement ces courtes
analogies apparentes de cette expression disparaissent si l'on considère que le petit appareil à feu
qui a été expérimenté était formé non pas de zones annulaires, qu'on n'était pas encore en mesure
de mesurer, mais de zones polygonales à éléments cylindriques.

Il les a nommés *feux à courtes éclipses*. Ils ne pourront pas être confondus avec les feux tournants ordinaires, dans lesquels la lumière est bien moins longtemps visible comparativement à la durée des éclipses. En effet, si l'on fait faire au système des trois lentilles mobiles sa révolution entière en 12 minutes, chaque petit éclat aura une durée de 15 secondes environ et sera précédé et suivi d'une éclipse de 25 secondes seulement; après quoi le feu restera fixe pendant 2 minutes 55 secondes, c'est-à-dire près de 3 minutes. Ces effets seront répétés trois fois dans chaque révolution, puisqu'il y a trois lentilles mobiles, et se succéderont continuellement en présentant toujours une lumière fixe pendant 2 minutes 55 secondes ou 2 minutes 50 secondes au moins, suivie d'une éclipse de 25 ou 30 secondes au plus, puis d'un petit éclat de 15 ou 10 secondes, et enfin d'une éclipse de 25 ou 30 secondes; après quoi la lumière reparaitra pendant 2 minutes 50 secondes, et ainsi de suite. »

L'importance de cette combinaison, applicable aux phares dioptriques de tous les ordres

Système à feu fixe varié par des éclats.



ainsi qu'aux petits fanaux d'entrée de port, nous a déterminé à dévier un peu de l'ordre chronologique, pour la faire ressortir dans un article spécial.

Nous complétons les explications d'A. Fresnel par l'esquisse d'un tambour dioptrique à *zones annulaires*, dont le feu fixe est varié par la révolution de trois panneaux dioptriques verticaux à éléments cylindriques plans-convexes.

La description qui précède nous dispense de plus amples développements à ce sujet. Nous ferons seulement remarquer, relativement aux expériences qui ont servi de texte à la présente note, qu'elles furent faites dans des circonstances singulièrement défavorables. On ne put disposer en effet que d'un petit appareil à *zones polygonales* de 0^m,50 de diamètre. Si l'on eût opéré avec un appareil de troisième ordre à *zones annulaires*, du diamètre normal de 1 mètre, les effets eussent été plus tranchés, et il est pré-

visible que la Commission, au lieu d'adopter la dénomination trop peu précise de *feu à courtes éclipses*, eût maintenu la première désignation, plus nettement caractéristique, de *feu fixe varié par des éclats précédés et suivis de courtes éclipses*.

se servira d'un phare à feu fixe du troisième ordre, semblable de Dunkerque. Il sera placé à Cormeilles, qui est distant de l'Observatoire de 19,000 mètres, c'est-à-dire environ trois lieues et demie marines.

SECONDE CONVOCATION.

Paris, le 15 mai 1825.

M. Fresnel a l'honneur de prévenir MM. etc. que les membres de la Commission des phares se réuniront mercredi soir, 18 du courant, à l'Observatoire royal, pour assister à une seconde expérience sur les éclats.

Cette expérience commencera à 9 heures précises. On emploiera le phare du troisième ordre qui a déjà servi à l'expérience précédente, mais il sera plus voisin de Paris, de manière qu'on puisse le voir plus aisément.

PROGRAMME DE L'EXPÉRIENCE.

De 9 heures à 9 heures 32 minutes, *deux lentilles mobiles*, diamétralement opposées, tournant autour de l'appareil à feu fixe, présenteront des éclats qui se succéderont de 4 minutes en 4 minutes; chacun de ces éclats sera précédé et suivi d'une *éclipse de courte durée*.

De 9 heures 32 minutes à 10 heures, *trois lentilles mobiles*, tournant autour de l'appareil, présenteront des éclats de 4 minutes en 4 minutes.

De 10 heures à 10 heures 24 minutes, *quatre lentilles mobiles*, tournant autour de l'appareil à feu fixe, produiront des éclats de 3 minutes en 3 minutes.

Chaque éclat sera toujours précédé et suivi d'une *éclipse*.

De 9^h 00^m à 9^h 32^m les 90° en 2^m — 2^m de repos.

De 9^h 32^m à 10^h 00^m les 60° en 2^m — 2^m de repos.

De 10^h 00^m à 10^h 24^m les 60° en 2^m — 1^m de repos.

EXPÉRIENCES.

MERCREDIS 11 ET 18 MAI 1825, SUR LE PETIT APPAREIL À FEU FIXE DU 3^e ORDRE
DE 0^m,50 DE DIAMÈTRE, MODIFIÉ PAR DES LENTILLES MOBILES, PRODUISANT DE PETITS
ÉCLATS PRÉCÉDÉS ET SUIVIS CHACUN D'UNE COURTE ÉCLIPSE.

EXPÉRIENCE DU 11 MAI.

Le feu placé à Cormeilles, à trois lieues et demie marines environ
de l'Observatoire, observé de ce point, paraissait très-faible. Plusieurs
membres de la Commission avaient peine à le distinguer à cause de
sa faiblesse, et peut-être aussi à cause des réverbères de Paris qui
brûlaient dans le voisinage de cette direction. M. de Prony, et
M. Sganzin surtout, n'ont pas pu observer commodément les appa-
rences variables que présentait le feu.

On a imité successivement les effets qui résulteraient de la révo-
lution de trois et de quatre lentilles mobiles autour de l'appareil à
feu fixe, en donnant à chaque période la durée de 2 ou de 4 minutes
dans le premier cas, et de 1 minute 30 secondes ou 3 minutes dans
le second. Le mouvement lent a paru préférable au mouvement rapide.
M. de Rossel a remarqué avec raison que le système de quatre lentilles
mobiles offrait des caractères trop semblables à ceux des feux tournants
ordinaires.

EXPÉRIENCE DU 18 MAI.

L'appareil a été placé sur le mont Valérien, à [10 kil.] de l'Obser-
vatoire. Il a été observé de ce lieu par MM. Tarbé, de Rossel, Arago,
Foucault et Fresnel. Il était brillant et se distinguait parfaitement : les
éclipses mêmes n'étaient pas absolues. On a imité successivement les
effets qui seraient produits par la rotation de deux, trois et quatre len-
tilles mobiles, en donnant aux périodes la durée de 4 minutes dans

1
ommission présents n'ont pas cru nécessaire d'observer les ef-
cette dernière combinaison. Des deux premières, la seconde
préférable, en raison de la durée suffisante des éclipses et des
Chaque éclipse durait 25 secondes environ, et l'éclat intermé-
5 secondes, en sorte qu'il restait 2 minutes 55 secondes de

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES

DU 20 MAI 1825.

Présents à la séance :

MM. DE ROSSEL, SGANZIN, TARBÉ DE VAUXCLAIRS, ROLLAND, ARAGO, MATHIEU et
A. FRESNEL, *secrétaire*.

.....
..... On reprend la discussion du système général de l'éclairage
des côtes de France. M. le président recueille d'abord les observations
des membres de la Commission sur les deux expériences relatives aux
feux fixes à éclats.

Il résulte de leurs observations :

1° Qu'on ne doit pas compter sur l'augmentation d'intensité de
la lumière pendant l'éclat, comme moyen suffisant de distinguer ces
phares des feux fixes ordinaires ^(a) ;

2° Que, dans quelques-unes des combinaisons offertes aux specta-
teurs par la première et surtout par la seconde expérience, la durée
des éclipses est assez courte, relativement au temps pendant lequel la
lumière reste fixe, pour qu'on ne puisse pas confondre ces apparences
avec celles d'un feu tournant ordinaire; et que, d'une autre part, les
éclipses ont assez de durée et reviennent assez souvent pour ne pas
échapper à l'attention des navigateurs;

3° Enfin, que la combinaison qui paraît remplir le mieux ces di-

^(a) Voir le dernier paragraphe de la note sur le numéro précédent XVIII (A).

un appareil dioptrique à feu fixe et faisant une révolution entière
en quelques minutes.

M. de La Harpe propose de nouveau de nommer la nouvelle espèce de
feux à courtes éclipses, en raison du peu de durée des éclipses
par rapport à celle de la lumière fixe.

La commission adopte cette dénomination.

M. Rossel recommence l'exposition détaillée de la distribution
des feux sur les côtes de France.
.

ARACTÈRES DISTINCTIFS DES PHARES.

N° XIX (A).

RAPPORT

SUR

ES CARACTÈRES DISTINCTIFS DE DIVERS APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

QU'ON PROPOSE D'EMPLOYER SUR LES CÔTES DE FRANCE

DANS LE PROJET GÉNÉRAL SOUMIS À LA COMMISSION ^(a).

[Présenté à la Commission des phares dans sa séance du 22 avril 1825.]

On s'est conformé dans ce projet à l'opinion adoptée par la Commission, que le plus sûr moyen d'empêcher les marins de confondre entre eux les phares du premier ordre était d'employer alternativement des

^{a)} Le présent Rapport, fait par Fresnel, à la demande du contre-amiral de Rossel, qui a été chargé par la Commission de la rédaction d'un *Projet général d'éclairage des côtes de France*, se retrouve en substance dans ce document capital reproduit à la suite de celui-ci sous le N° XX.

En marge de la minute autographe se lit l'apostille suivante, écrite au crayon et à moitié effacée :

« M. de Rossel a pensé que, avant qu'il exposât à la Commission le projet de distribution des phares sur les côtes de France, il était nécessaire d'expliquer la nature des diverses espèces de feux qu'on peut y employer. »

é pour le phare de Chassiron, ainsi que pour les autres phares
xe du premier ordre, aura toute la portée nécessaire aux besoins
grande navigation. On estime que l'intensité de sa lumière sera
ns égale à celle de quatre cents becs de quinquet, et il n'aura
ngles morts, ou du moins les angles des montants, qui d'ail-
eront très-étroits, présenteront encore une lumière de deux à
nts becs de quinquet.

s le tableau ci-joint ^(b), on a supposé l'emploi de deux espèces de
tournants du premier ordre, les uns composés principalement
t lentilles verticales, les autres de seize. Il n'est pas possible de
rier beaucoup dans les premiers la durée de la révolution,
8 minutes pour le phare de Cordouan. Cette révolution en
utes donne des éclipses de 40 secondes et des apparitions de
ondes, à la distance moyenne de six lieues marines. Si l'on accé-
e mouvement, les éclats seraient trop courts; si on le ralentis-
aucoup, les éclipses deviendraient trop longues. L'application
d'huile à l'éclairage des phares laisserait sans doute plus de
e à cet égard, en permettant d'augmenter le volume de l'objet
nt et d'augmenter ainsi l'étendue des éclats, ce qui diminuerait
t celle des éclipses. Mais on a dû, puisqu'on le pouvait, pré-
un système général de feux dont l'exécution fût indépendante
plication du gaz à l'éclairage des phares.

phares composés de seize lentilles verticales sont susceptibles
iations plus grandes dans la durée de leur révolution, à cause
équence des éclats. Cette durée peut être aussi bien de 16 mi-

ppareil ainsi désigné devait en effet se composer d'une partie principale dioptrique
partie accessoire catoptrique, formée de zones étagées de miroirs concaves. Toute-
hète de *catadioptrique* a depuis été exclusivement appliquée par notre auteur aux
lenticulaires dont la partie accessoire est formée d'anneaux de verre opérant la
totale des rayons focaux incidents.

r le Rapport suivant de M. de Rossel sur le Système général d'éclairage des côtes
e.

ditionnelles aux seize lentilles verticales, les apparences du phare seront presque les mêmes, à l'intensité près, que celles d'un appareil composé de huit lentilles verticales et de huit lentilles additionnelles, qui ferait sa révolution en 8 minutes; seulement les éclats seront plus longs et les éclipses plus courtes, mais ils reviendront toujours minute en minute, comme au phare de Cordouan. Si l'on adopte la révolution de 8 minutes pour les phares à seize lentilles verticales, comme on l'a supposé dans le projet soumis à la Commission, alors les éclats reparaitront de demi-minute en demi-minute; ce qui distinguera suffisamment ces feux tournants de ceux dans lesquels les éclats se succéderont de minute en minute. Il ne faut pas perdre de vue que ces caractères distinctifs sont ici presque surabondants, puisqu'ils sont employés pour différencier deux phares à feux tournants séparés par un feu fixe et, conséquemment, éloignés l'un de l'autre de trente ou quatre-vingt lieues marines au moins.

Dans le tableau qui est sous les yeux de la Commission, on a désigné par *feu tournant de seize lentilles* un appareil portant seize demi-lentilles verticales et faisant sa révolution en 8 minutes, de manière à donner des éclats de demi-minute en demi-minute; et par *feu tournant de huit lentilles*, un appareil composé de huit lentilles verticales et faisant sa révolution en 8 minutes, de manière à donner des éclats de minute en minute. Mais, comme nous venons de le remarquer, le phare présenterait à peu près les mêmes apparences s'il portait seize demi-lentilles verticales et faisait sa révolution en 16 minutes. Cet appareil pourra être substitué à l'autre, sans altérer le système général de différenciation des phares du premier ordre, dans les lieux où il sera plus utile d'augmenter la durée des éclats que de leur donner une grande fréquence, comme cela peut arriver, par exemple, sur les côtes de la Méditerranée, où les brouillards sont bien moins fréquents que le long des côtes de la Manche ou de l'Océan.

Tous les phares du premier ordre, au nombre de vingt-huit, seront éclairés chacun par une lampe portant quatre mèches concentriques et

1 litre $\frac{1}{2}$ d'huile par heure ou 3,000 livres par an. Ces appareils auront près de 2 mètres de diamètre.

Ces phares du deuxième ordre, construits dans le même système, mais de plus petites dimensions, et n'ayant que 1 mètre 40 centimètres de diamètre intérieur, seront illuminés par une lampe à trois mèches, dont la consommation est de 450 grammes au plus par heure ou de 1,350 livres par an.

Quant aux appareils du troisième ordre seront illuminés par un feu à trois mèches, qui consomme 190 grammes par heure et partant 540 grammes ou 1,520 livres par an. Ils pourront avoir 50 centimètres de diamètre, comme celui de Dunkerque, ou 1 mètre de diamètre, selon les besoins de la navigation. En doublant ainsi les dimensions de ces phares, on aurait l'avantage de doubler presque l'effet qu'ils produisent, sans rien ajouter à la dépense d'huile ni aux frais d'entretien. Ces phares seront de 2,700 francs environ et représenteront ainsi un total de 54,000 francs. Cela nécessiterait une augmentation de 6 à 10 francs pour la dépense première de l'acquisition de l'appareil et de la lanterne.

Le nombre des phares du deuxième ordre est seulement de trois dans le projet, tandis qu'il suppose quatorze phares du troisième

ordre. Les trois phares du deuxième ordre sont caractérisés de manière indépendante de leur situation particulière, ils ne puissent être confondus avec les phares voisins du premier ou du troisième

ordre. Les feux du troisième ordre sont tous fixes, excepté un seul, celui de Carteret, qui sera tournant; parce que, ces phares devant servir à signaler les côtes, il devient plus nécessaire alors aux navigateurs d'avoir toujours le feu, ou du moins de ne le perdre de vue que pendant de très-courts instants.

Il est cependant indispensable de trouver un moyen de les différencier, soit entre eux, soit avec les phares voisins du premier ou du deuxième ordre, que les marins auraient pu quelquefois confondre avec

leux de troisième ordre, malgré la grande différence d'éclat et de portée. Pour cela, il suffira de faire tourner autour de ceux de ces feux fixes auxquels on voudra donner un caractère particulier un appareil portant trois petites lentilles cylindriques diamétralement opposées [équidistantes]. Elles seront semblables à celles du phare à feu fixe^(a), mais auront leur courbure dirigée dans le sens horizontal, au lieu d'être courbées dans le sens vertical, comme celles-ci; en sorte que, en passant devant elles, elles produiront chacune par leur superposition un effet semblable à celui des lentilles sphériques ou annulaires, c'est-à-dire qu'elles diminueront la divergence des rayons dans le sens horizontal et les rassembleront en un cône lumineux qui donnera la sensation d'un éclat quand il passera par l'œil de l'observateur; mais il est évident que cet accroissement de lumière dans une direction ne pourra avoir lieu qu'aux dépens de celle qui éclairait les directions voisines, qu'ainsi chaque éclat sera précédé et suivi d'une petite éclipse.

L'expérience a montré à la Commission que ce sont principalement les courtes éclipses qui feront distinguer des feux fixes ces nouveaux feux. C'est pourquoi elle les a nommés *feux à courtes éclipses*. Ils ne pourront pas être confondus avec les feux tournants ordinaires, dans lesquels la lumière est bien moins longtemps visible, comparativement à la durée des éclipses. En effet, si l'on fait faire au système des trois lentilles mobiles sa révolution entière en 12 minutes, chaque petit éclat aura une durée de 15 secondes environ et il sera précédé et suivi d'une éclipse de 25 secondes seulement; après quoi le feu restera fixe pendant 2 minutes 55 secondes, c'est-à-dire près de 3 minutes. Ces effets seront répétés trois fois dans chaque révolution, puisqu'il y a trois lentilles mobiles, et se succéderont continuellement, en présentant toujours une lumière fixe pendant 2 minutes 55 secondes ou 2 minutes

^(a) Ou plutôt engendrées par le même profil.

Ainsi que nous l'avons fait observer, Fresnel ne composait les zones échelonnées du tamis dioptrique fixe d'un assemblage polygonal d'éléments cylindriques, que faute de pouvoir les faire exécuter sous forme annulaire. [Voyez la note première du N° XVIII (A).]

puis d'un petit éclat de 15 ou 10 secondes, et enfin d'une
de 25 ou 30 secondes; après quoi la lumière reparaitra pen-
minutes 50 secondes, et ainsi de suite.

Les treize feux fixes du troisième ordre, on en a supposé sept à
lignes. On propose aussi de caractériser de la même manière
le feu du deuxième ordre placé dans l'île de Sein, vis-à-vis du
cap, pour le distinguer du feu fixe établi sur ce cap, afin que
les navires puissent plus facilement s'ils sont au sud ou au nord
reconnaissent la ligne d'écueils du Pont-de-Sein.

[NOTES ADDITIONNELLES.]

ARTICLE À INTERCALER DANS LE RÉSUMÉ.

appelé *feux de port*, dans le tableau ci-joint, les petits fanaux
servent seulement à indiquer l'entrée des ports. Comme il
est nécessaire qu'ils soient aperçus de très-loin, on les suppose
éclairés par un simple bec de quinquet placé au centre d'un petit
lentille de 30 centimètres de diamètre intérieur. L'addi-
tion de cet appareil décuplera à peu près la lumière de la lampe,
de sorte que ces fanaux équivaldront à huit ou dix becs de quin-
quet. On pourrait employer pour le même objet les fanaux sidéraux
de M. Cordier-Marcet; mais, avec la même dépense d'huile et d'entre-
tien, ils produisent que l'effet de quatre becs de quinquet^(a).
On a supposé tous les feux de port fixes, sans chercher à les diffé-
rencier. Lorsque les marins les apercevront, ils auront déjà reconnu

la plus approfondie des dispositions applicables aux petits fanaux lenticulaires
de Fresnel à imaginer, pour leur partie accessoire, un système *catadioptrique à ré-
flexion*, qui offre, sous le double rapport théorique et pratique, la combinaison la
plus favorable pour recueillir et projeter sur l'horizon les rayons focaux divergeant au-
dessus du tambour dioptrique. (Voyez ci-après N° XXI.)

du troisième ordre, dont la portée sera bien supérieure, et sauront
ans quel port ils vont entrer.

NOTA. Ajouter quelques mots sur les nouvelles combinaisons catoptriques que
i imaginées pour la partie additionnelle des phares tournants, rodage des glaces
lindriques, perfectionnement des lentilles annulaires.....

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES

DU 22 AVRIL 1825.

Présents à la séance :

M. BECQUEY, *Directeur général, Président*; HALGAN, DE ROSSEL, TARBÉ, SGANZIN, ARAGO, MATHIEU et A. FRESNEL, *secrétaire*.

.....
..... D'après l'invitation de M. de Rossel, M. Fresnel expose à Commission, par un rapport écrit, la nature des divers appareils de éclairage qu'on peut employer dans les phares de différents ordres de différentes portées, et les caractères particuliers qui serviront distinguer entre eux les feux du même ordre.

M. Arago exprime la crainte que les phares désignés par le nom *feux fixes à éclats* ne présentent des apparences trop semblables à les qui résultent des effets de la scintillation et qu'ils ne soient ainsi confondus souvent par les marins avec les feux fixes ordinaires dont se trouveront voisins.

M. Fresnel répond qu'on pourra toujours donner aux éclats et aux ites éclipses qui les accompagnent la durée la plus propre à bien actériser ces feux.

La Commission juge que cette question ne peut être complètement idée que par une expérience.

M. de Rossel expose en détail les motifs et les considérations qui t guidé dans la distribution générale des phares sur les côtes de ance, dont il présente le tableau à la Commission.....
.....

lui est présenté, la Commission désire l'examiner encore dans sa prochaine séance avant de l'adopter définitivement, à cause de l'absence de plusieurs membres et de la nécessité de s'assurer auparavant par l'expérience si le mode de différenciation proposé pour les *feux à éclats* ne peut donner lieu à aucune méprise.

SYSTÈME GÉNÉRAL D'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

N° XX (A).

RAPPORT

CONTENANT L'EXPOSITION DU SYSTÈME

ADOPTÉ PAR LA COMMISSION DES PHARES

POUR ÉCLAIRER LES CÔTES DE FRANCE ⁽¹⁾,

[PAR LE CONTRE-AMIRAL DE ROSSEL].

La Commission des phares, dans sa séance du 20 mai 1825, après avoir examiné le projet présenté par M. de Rossel pour la distribution et l'emplacement des feux destinés à guider, pendant la nuit, les navigateurs qui s'approchent des côtes de France, a revêtu ce projet de son approbation, et a demandé les développements qui venaient de lui être donnés pour justifier la combinaison des divers feux proposés et le choix des lieux où ils devaient être placés fussent consignés dans un rapport qui contiât l'ensemble du système de la discussion de toutes ses parties. M. de Rossel, chargé de ce travail, s'est

⁽¹⁾ Les éditeurs ont cru devoir comprendre le présent Rapport dans leur publication, par une double considération, qu'il offre l'exposé général du nouveau système de phares, et que Rossel a concouru à la rédaction de l'un des plus importants chapitres, celui qui concerne les caractères distinctifs des feux. (Voyez le numéro précédent.)

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

de M. Fresnel, et, en profitant des avis qui lui ont été donnés dans ce rapport, il a rédigé le Rapport suivant, qu'il a l'honneur de soumettre à votre commission pour remplir ses intentions.

§ 1^{er}.

CONDITIONS À REMPLIR.

Les phares ou feux disséminés sur toute l'étendue d'une côte ont pour objet de remplir divers objets dépendant de la position des vaisseaux et principalement de leur indiquer la route qu'ils se proposent de tenir. Les navigateurs qui ont eu besoin de terre avant la nuit, et ne jugent pas à propos d'entrer par crainte de tempête dans le port ou dans la rade qu'ils viennent chercher, s'en tiennent à se maintenir, tant qu'un des phares est en vue, dans une position qui leur permette de prendre, à la pointe du jour, une direction qui les conduise directement au lieu de leur destination. Les vaisseaux qui suivent la côte restent à une distance de terre suffisante pour les mettre à l'abri de la tempête, et par conséquent reconnaissent, au moyen des phares, à tous les instants de la nuit, où ils sont et la route qu'ils ont à suivre pour éviter les écueils du large. Ces phares doivent être placés sur les caps les plus saillants et les plus avancés; ils doivent aussi être, les uns par rapport aux autres, à des distances telles, que, lorsque dans les temps ordinaires on commande de vue le phare, dont on s'éloigne, il soit possible de voir celui qui s'en rapproche. Les phares dont on vient de parler, destinés à donner l'avis aux vaisseaux qui viennent du large ou à ceux qui prolongent la côte, doivent être vus de très-loin et leurs feux être de la plus grande portée possible. C'est ce qui leur a fait donner, dans le système général, la dénomination de *phares du premier ordre*. Il faut, en conséquence, les tenir assez élevés pour donner le plus grand éclat que nous puissions produire dans l'état actuel de nos connaissances.

Les phares du premier ordre sont encore destinés à un autre usage, qui n'est pas de moindre importance, puisque des indications qu'ils procurent peuvent quelquefois le salut des vaisseaux : en effet, dans le cas où la force du vent les pousserait sur la côte, ou bien dans celui où, pour échapper à des courants dangereux, ils seraient obligés de venir chercher un port et d'y entrer la nuit, ce sont ces feux qui leur font reconnaître d'abord le point où

se trouvent et leur donnent ensuite la première indication sur la route ils doivent suivre pour entrer avec sécurité dans la rade et même dans le port où ils veulent aller. On sent, d'après ce qui vient d'être dit, de quelle importance il est que des vaisseaux avertis seulement des approches de la rade par la vue de l'un des phares disséminés sur toute son étendue ne puissent jamais être exposés à se tromper et à prendre le feu qu'ils aperçoivent pour l'un des feux voisins. C'est ce qui a mis dans la nécessité de diversifier, autant que la nature des choses a pu le permettre, les apparences présentées par les phares. Jusqu'à présent, le nombre de ces apparences est très-limité; c'est seulement que l'erreur dont la position d'un vaisseau venant du large peut être affectée a également des limites, et qu'il a suffi de répartir les phares sur toute la côte de manière que, dans l'étendue fixée par la plus grande erreur possible de la position d'un vaisseau soit susceptible, il ne se trouve jamais deux phares offrant exactement la même apparence. C'est une règle dont on ne s'est point tenu, dans le système général approuvé par la Commission, que dans le cas de deux feux semblables, placés l'un auprès de l'autre, acquièrent ainsi un caractère particulier qui ne laisse plus craindre de méprise.

On a dit précédemment que les phares du premier ordre, après avoir fait connaître le point où l'on se trouve, donnaient ensuite aux vaisseaux qui se rapprochent de la côte les premières notions de la route à suivre pour se rendre au lieu de leur destination, c'est-à-dire pour entrer dans les passes plus ou moins étroites qui y conduisent, ou bien pour éviter les écueils qui se trouvent sur leur route. Des feux d'une moindre intensité que les premiers sont établis sur des îles, des écueils situés entre les grands phares et la côte, ou sur d'autres parties de la côte elle-même, de manière à indiquer la route qu'il faut tenir pour pénétrer dans ces passes ou éviter ces écueils, en allant successivement prendre connaissance de chacun d'eux. Leur portée est déterminée par la distance à laquelle on doit commencer à se diriger d'après chacun de ces feux : elle doit, en général, être beaucoup moindre que celle des feux de premier ordre ; cependant, comme dans certaines circonstances il a été indispensable de lui donner une assez grande étendue, on s'est trouvé dans l'obligation d'établir deux ordres différents dans ces phares ou feux secondaires. Les phares du deuxième ordre sont ceux de la plus grande portée, et les phares du troisième ordre ceux qui se voient de moins loin.

Enfin la Commission, désirant satisfaire à tous les besoins de la navigation,

pour guider les bâtiments près des jetées qui en forment l'entrée et bri, ou dans les passes étroites où ils sont obligés de s'engager. Ces feux, beaucoup moins brillants que les premiers et par conséquent moins dispendieux, sont compris sous la dénomination de *feux de port*. Ils ont d'autre usage que d'indiquer l'entrée de ces ports aux bateaux et même aux bâtiments d'un plus grand tirant d'eau, toutes les fois que les circonstances le permettent. La majeure partie des petits ports situés sur les côtes de l'Océan, où les marées sont très-grandes, ne peuvent recevoir les navires à certaines époques de la marée, c'est-à-dire que l'on ne peut pas entrer pendant le flot, avant que la mer soit parvenue à une certaine hauteur, et il ne reste plus assez d'eau dans les passes après une certaine heure de marée. Ces feux de ports servent à donner ces indications très-essentiellles. Ils sont allumés, dans plusieurs lieux, que pendant le temps où il reste assez d'eau pour passer les jetées. La Commission a décidé que des feux de cette espèce, ne doivent pas être confondus avec aucun des phares de l'un des trois ordres de phares. Ils seraient allumés à l'entrée de tous les ports, même les plus petits ; et on devra choisir ensuite le mode d'indications le plus sûr pour faire connaître les instants de la marée où il y a assez d'eau dans les passes et où il est impossible de s'y engager. A cet égard, il y aura sans doute de la difficulté à se conformer aux usages établis, toutes les fois que ces usages ne sont pas défectueux, à moins que le système nouvellement adopté ne donne des indications plus claires et, dans certaines circonstances, plus précises. Il sera question de quelques-uns des moyens qui, dans l'état actuel de la navigation, pourraient être employés avec avantage, lorsqu'on parlera de l'emplacement et de l'apparence de chacun des feux que la Commission a décidé d'entretenir sur les côtes de France. Mais il est essentiel de rappeler qu'il est prudent de ne rien décider à l'égard de ces nouveaux moyens, sans avoir consulté les marins des divers ports où l'on se proposera de les employer.

§ II.

DES MOYENS EMPLOYÉS POUR ÉCLAIRER LES PHARES ET VARIER LEURS APPARENCES.

Il sera question des différentes conditions à remplir pour compléter l'éclairage d'après lequel toutes les côtes de France doivent être éclairées,

on veut assurer pendant la nuit la navigation des navires et des vaisseaux qui fréquentent nos ports et les soustraire, autant que l'état de nos connaissances le permet, aux dangers qu'ils ont à courir pendant le mauvais temps et les longues nuits d'hiver.

Les marins avaient depuis longtemps reconnu les besoins de la navigation; plusieurs projets avaient été proposés relativement à la répartition de phares et de feux sur toute l'étendue des côtes de France, principalement sur celles de l'Océan; car il paraît qu'à l'égard des côtes de la Méditerranée, on ne s'était pas occupé d'établir un système général; on s'était contenté d'indiquer quelques lieux particuliers sur lesquels des feux avaient été allumés, et encore ces feux n'étaient-ils pas placés de manière à assurer la navigation des ports les plus fréquentés, tels que Toulon, l'un des arsenaux les plus importants de la marine royale, et Marseille, ville si considérable par l'étendue de son commerce.

L'exécution des différents systèmes proposés pour éclairer les côtes de l'Océan a souffert pendant longtemps de grandes difficultés; d'abord, parce qu'on n'avait pas à sa disposition des moyens simples et peu dispendieux de produire des masses de lumière assez intenses pour atteindre à la distance que certaines configurations de la côte rendaient indispensable d'éclairer avec un seul phare, mais surtout parce que les moyens alors connus ne permettaient pas de varier les apparences de la lumière et de remplir, ainsi qu'on vient de le dire, une des conditions les plus essentielles, toutes les fois que l'on veut qu'une côte soit éclairée, sans interruption, dans toute son étendue.

Le chevalier de Borda, capitaine de vaisseau, dont le nom est aussi respecté par les marins de toutes les classes que par le monde savant, est parvenu, en plaçant une lampe d'Argant au foyer d'un grand miroir parabolique argenté, à donner à la lumière un degré d'intensité qui lui a procuré toute la portée désirable, du moins dans la direction de l'axe du réflecteur ^(a). La pre-

^(a) Quelque temps avant que Borda eût été appelé par le ministre de la marine à s'occuper de l'amélioration du phare de Cordouan, l'ingénieur Teulère avait proposé de l'illuminer au moyen de grands réverbères paraboliques. Les effets de cette espèce d'appareils avaient d'ailleurs été rationnellement appréciés par Lavoisier dans le mémoire qu'il présenta au concours ouvert en 1765, par M. de Sartines, pour l'éclairage des rues de Paris. (Voyez l'introduction.)

Un bec de lampe a eu lieu sur la tour de Cordouan. On sait que les phares ne jouissent d'un si grand avantage que par la propriété qu'ils ont de réfléchir, sur tous les points de leur surface, le point lumineux placé au foyer de la parabole génératrice et d'en former un faisceau de lumière qui se dirige directement jusqu'à une grande distance, mais qui n'éclaire qu'une petite portion du cercle de l'horizon. C'est en fixant autour d'un même point plusieurs becs d'Argent placés au foyer de miroirs dirigés dans des sens opposés, et en faisant tourner l'axe qui les supporte, à l'aide d'une machine de rotation, que l'on est parvenu à éclairer successivement tous les points de l'horizon. Il en résulte que l'observateur ne voit la lumière des phares que pendant le temps qu'un des faisceaux de lumière, renvoyé par un miroir parabolique, met à passer devant ses yeux, et qu'il la perd aussitôt qu'il se trouve entre deux de ces faisceaux ou dans l'angle qu'ils forment entre eux. Cette alternative d'éclats de lumière suivis d'obscurité a fait donner le nom de *phares à éclipses*. Ils remplissent complètement leur destination, si on les considère isolément; mais du moment qu'il s'agit de les faire entrer dans un système général et que l'on cherche par conséquent à varier leurs apparences, on ne tarde pas à rencontrer des difficultés insurmontables ou du moins qui ont paru telles jusqu'à présent. La première idée qui se soit présentée a été de varier la durée des éclipses. Mais on a senti qu'il était impossible de songer à raccourcir cette durée, en précipitant le mouvement de rotation du phare, parce qu'on aurait raccourci dans la même proportion celle des éclats de lumière, qu'il importait au contraire de prolonger le plus possible. Le seul moyen dont on pût disposer était de multiplier les lampes autour de l'axe de rotation; mais les grands miroirs paraboliques sont si pesants, que, dans la crainte de le trop surcharger, on n'a pas pu placer plus de huit réverbères de grandes dimensions sur un même axe. Il eût fallu leur donner des dimensions plus petites, pour pouvoir en augmenter le nombre sans inconvénients; mais alors la lumière aurait eu une portée moindre, et ces phares n'auraient plus eu l'éclat qu'il était nécessaire de leur donner aux phares du premier ordre. Enfin, tant qu'on voulait s'astreindre à faire varier la lumière d'une grande intensité et des apparitions assez propres à attirer et à fixer l'attention à la première vue, on ne pouvait pas se flatter de trouver de grandes différences assez sensibles entre les durées des éclipses pour en

ais exposer les navigateurs à commettre des erreurs funestes.

On conçoit facilement, d'après ce qui vient d'être dit des miroirs paraboliques, que ces miroirs ne peuvent entrer dans la construction des phares à feux fixes, destinés à être vus dans toutes les directions. Il eût fallu tellement multiplier les miroirs et diminuer leurs dimensions, qu'ils eussent à peine produit l'effet que l'on doit attendre des phares du troisième ordre. On était donc privé de l'avantage inappréciable d'établir des feux fixes du premier ordre ou de très-grande portée.

Les effets des miroirs paraboliques, si supérieurs à ceux des anciens phares, ne se prêtaient donc pas facilement à toutes les modifications qu'il était nécessaire de faire subir à la lumière. Ces miroirs métalliques avaient en outre l'inconvénient d'être sujets à se ternir et à perdre aisément leur poli primitif; il devait donc s'attendre qu'au bout d'un certain temps, l'intensité de la lumière et par conséquent leur portée seraient sensiblement diminuées. La Commission des phares a cherché pendant longtemps à surmonter les obstacles qui ralentissaient la marche de ses travaux; mais, tant qu'elle n'a eu à sa disposition que les moyens connus avant sa formation, il lui a été impossible de présenter un système qui fût de nature à satisfaire à tous les besoins de la navigation. Il fallait que de nouveaux moyens fussent trouvés pour qu'elle pût espérer d'obtenir un si grand avantage.

M. le directeur général des ponts et chaussées, sans cesse occupé de l'amélioration de tous les objets de son administration qui intéressent le bien public, a suivi avec une attention particulière les travaux de la Commission des phares. Il avait pris connaissance des difficultés qui ralentissaient leur marche, et ne tarda pas à s'apercevoir qu'il fallait qu'un homme ayant des connaissances approfondies et pouvant donner tout son temps à ces recherches fût adjoint à la Commission pour l'aider à lever les difficultés qui l'arrêtaient. Les belles découvertes que M. Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées, avait faites sur la théorie des propriétés physiques de la lumière l'appelaient naturellement à remplir une tâche de cette importance; il fut désigné par M. Arago et choisi par M. le directeur général pour faire partie de la Commission des phares. Un moyen des plus ingénieux, et qui dans ses mains est devenu d'une fécondité extraordinaire, lui a donné dès le début la faculté de surmonter tous les obstacles. Au lieu de concentrer les rayons lumineux par réflexion, avec des

abondantes, et l'imagina de les concentrer par l'intermédiaire des lentilles à échelons. Les difficultés de la construction de ces lentilles jusqu'à présent rendu stérile l'invention de l'illustre Buffon, qui, le avait proposé de donner cette forme aux verres ardents pour en la puissance; cette heureuse idée était même presque tombée dans Fresnel n'apprit qu'elle appartenait à Buffon que lorsqu'il annonça ie des sciences qu'il avait inventé des machines, fait établir un instruit des ouvriers pour construire des lentilles à échelons de orceaux. Mais il apprit en même temps que ce célèbre naturaliste ais réussi à réaliser son idée, parce qu'il avait voulu faire tailler s dans une seule pièce de verre. C'est M. Soleil, opticien, qui a jusqu'à présent, sous la direction de M. Fresnel, toutes les lentilles urnants et les verres des feux fixes.

ago et Fresnel, réunis, ont porté à un haut degré de perfection la n des lampes à flammes concentriques, par l'heureuse combinaison e Rumford ^(a) avec l'invention ingénieuse de Carcel. Ces lampes pré- foyer de lumière supérieur à tout ce qu'on avait obtenu jusqu'à dont l'intensité comme le volume varient à volonté, en raison du e mèches qu'on emploie. Cette accumulation de lumière dans un était nécessaire pour donner aux appareils dioptriques de M. Fres- éclat dont ils pouvaient être susceptibles. Ceux-ci ont à leur tour ement accru l'intensité de la lumière placée à leur centre, puisqu'une échelons de 0^m,75 en carré, illuminée par une lampe à quatre uivalant à vingt-deux becs d'Argant, produit dans la direction de même effet que quatre mille becs d'Argant réunis. Les appareils es ont, en outre, sur les miroirs paraboliques, l'avantage de se si qu'on le verra bientôt, à des combinaisons qui permettent de pparences des phares autant que l'exigent les besoins de la navi-oyer de la mer n'en attaque pas le poli; il suffit de les épousseter et nt toujours le même éclat.

x recherches de ces deux savants distingués que la Commission doit

ôt de Guyton de Morveau. (Voyez les *Annales de chimie*, 1^{re} série, t. XXIV, p. 312.)

usage jusqu'à présent. Le succès a passé les premières espérances, tant à l'égard de la variété des feux que par rapport à leur intensité; et la Commission n'a plus eu qu'à choisir, entre plusieurs combinaisons également ingénieuses, celles qui lui ont paru les plus propres à remplir l'objet qu'elle devait proposer.

En faisant tourner autour d'un grand foyer de lumière, et avec une vitesse uniforme, huit lentilles ou seize demi-lentilles symétriquement arrangées, on a produit alternativement des éclats et des éclipses qui se répètent de minute en minute ou bien de demi-minute en demi-minute. De même, en ramenant à une ligne horizontale, au moyen d'un appareil taillé dans les mêmes principes, des rayons qui passent au-dessus et au-dessous de cette ligne, on a produit des feux fixes, c'est-à-dire des feux qui n'éprouvent aucune intermittence et présentent à la fois, dans toutes les directions, une lumière uniforme et d'une intensité soutenue. C'est à ces derniers, qu'on ne peut obtenir avec des réflecteurs, qu'est dû le caractère distinctif le plus tranché et le moyen de différencier les feux le plus à l'abri des objections. Il est facile de pressentir que l'appareil lenticulaire est susceptible d'un bien plus grand nombre de modifications différentes; mais celles dont on vient de parler sont les principales et celles que la Commission a adoptées dans le système général. La multiplicité des besoins a cependant mis dans la nécessité d'employer encore une autre modification qui tient à l'application d'un appareil mobile à un feu fixe, pour produire des éclipses très-courtes après de longs intervalles de lumière uniforme; elle n'est mise en usage qu'à l'égard des phares de second et de troisième ordre : il en sera question plus bas, dans la description de chaque espèce de feu.

Mais avant d'entrer dans les détails de la description et de l'emplacement de chacun des phares et autres feux en particulier, il convient de faire connaître l'intensité et par conséquent la portée de chacune des masses de lumière que l'on se propose de produire, ainsi que les divers moyens qui servent à différencier leurs apparences. Ces premiers éléments sont indispensables pour que l'on puisse juger si les phares doivent être plus ou moins éloignés les uns des autres, si la place qui leur a été assignée dans le système général remplit toutes les conditions nécessaires et est exempte d'inconvénients de nature à compromettre la sûreté des vaisseaux.

es de phares, désignés par les dénominations de phares du *premier*, et du *troisième ordre*, dont les degrés d'intensité et la portée vont ant, depuis le phare du premier ordre, qui est le plus éclatant. *troisième ordre*, dont la lumière s'étend à la moindre distance. Enfin gé d'employer des feux beaucoup moins intenses que ceux-ci et d'un beaucoup moins dispendieux, pour marquer l'entrée de tous les ne de ceux qui ne sont fréquentés que par de très-petits bateaux. tion de ces quatre espèces de feux va être donnée séparément, et connaître en détail les moyens que la Commission a adoptés, tant produire que pour différencier entre eux les phares d'un même

PHARES DU PREMIER ORDRE.

s phares du premier ordre doivent être éclairés par une lampe à à quatre mèches concentriques.
pes brûleront 1 livre $1/2$ d'huile par heure ou 6,000 livres par an.
eil lenticulaire aura près de 2 mètres de diamètre intérieur.

MOYEN DE DIVERSIFIER L'APPARENCE ^(*).

lentilles d'égales grandeurs, formant un prisme vertical régulier, ées de manière que le centre de la lumière ou de la lampe se trouve r commun. Ces huit lentilles, à l'aide d'une machine de rotation, autour de la lampe avec une vitesse propre à leur faire parcourir rrence entière en 8 minutes; de sorte que les rayons lumineux par chaque lentille se dirigeront, de minute en minute, sur un rvateur. Des expériences répétées ont fait connaître qu'à la distance e 6 lieues marines, la durée des apparitions de la lumière serait de es et qu'elle serait suivie d'une éclipse de 40 secondes. Si l'on était é du phare, les apparitions seraient un peu plus courtes et les la même quantité plus longues. Ce serait le contraire si l'on s'en

e numéro précédent.

-considérable. Lorsqu'on en sera à une petite distance, on ne perdra jamais vue la lumière réfléchie par un appareil subsidiaire dont l'objet est de mener vers l'horizon les rayons qui passent au-dessous des lentilles : cette lumière fixe, beaucoup moins brillante que les éclats, n'ôte pas au phare le caractère de feu tournant, comme on s'en est assuré à Cordouan.

Ce phare tournant composé de huit lentilles est celui qui a le plus d'intensité et porte le plus loin. On estime que sa lumière, à l'instant de son maximum, équivaut à celle de quatre mille becs d'Argent. Elle est précédée suivie par une lumière moins forte, qui diminue graduellement de part et d'autre du maximum, mais beaucoup plus vite dans la seconde partie de l'éclat que dans la première. Ces éclats pourront être aperçus jusqu'à 11 ou 12 lieues environ, dans les temps ordinaires; mais, à une aussi grande distance, on ne verra que la partie la plus brillante de l'éclat, dont l'apparition ne durera que 4 à 5 secondes.

2° Les lentilles du feu-tournant à seize demi-lentilles forment, comme dans le phare précédent, un prisme régulier. La lampe à quatre mèches est au centre commun de ces lentilles; elles achèvent leur tour également en 8 minutes : il en résulte cette différence que les éclats, au lieu de paraître de quatre en quatre minutes, sont deux fois plus fréquents et se succèdent de demi-minute en demi-minute. Ils ne seront pas tout à fait si longs : on estime cependant qu'à la distance de 6 lieues, leur durée sera encore de 15 secondes; en sorte qu'à cette distance, le temps de l'apparition de la lumière sera égal à celui des éclipses. Ce phare, comme le précédent, peut être muni d'un appareil subsidiaire, qui réfléchit les rayons plongeants : dès lors on ne le perdra plus vue à 2 ou 3 lieues de distance; mais on distinguera aisément de la petite lumière fixe les éclats beaucoup plus brillants produits par les lentilles.

Ces demi-lentilles ont la même hauteur que les lentilles de l'appareil précédent et la moitié moins de largeur; leur surface est, par conséquent, réduite de moitié : cependant, comme dans celles-ci on n'a employé que la partie la plus utile des lentilles entières, qui est le milieu, la lumière qu'elles produisent n'est pas diminuée dans la même proportion. On estime qu'elle équivaut encore à celle de deux mille quatre cents becs d'Argent, à l'instant du maximum, et que, dans les temps ordinaires, elle pourra être aperçue à 9 lieues de distance.

Feu tournant
à seize
demi-lentilles.

entier la lampe à quatre mèches. Les lentilles et les miroirs qui ont cette enveloppe sont taillés et disposés de manière à ramener à l'horizon tous les rayons de lumière qui s'élèvent au-dessus ainsi que s'abaissent au-dessous, sans altérer d'ailleurs leur divergence dans l'horizontal; en sorte que le phare éclaire tout le tour de l'horizon et produit d'un feu fixe dans toutes les directions.

Ceux fixes sont ceux qui ont le moins d'intensité. Leur lumière peut être d'avance à quatre cents becs d'Argant, et leur portée à 7 ou dans les circonstances ordinaires.

La portée ne diffère que de 4 lieues de celle des grandes lentilles, la lumière, dans le maximum, a dix fois plus de force, il faut l'attribuer à ce que le plus grand éclat des lentilles ne frappe la vue qu'un seul instant et dans l'œil une sensation trop fugitive pour que son effet soit proportionné à l'intensité de la lumière.

Le temps de la révolution des phares tournants a été jusqu'à présent supposé de 16 minutes : il est à remarquer qu'il ne serait pas possible de faire beaucoup plus la durée de la révolution des phares à huit lentilles; car, si on accélérât le mouvement, les éclats de lumière deviendraient trop courts, et si on ralentissait beaucoup, les éclipses seraient trop longues.

La durée des révolutions des phares composés de seize demi-lentilles est de 16 minutes, de variations plus grandes, à cause de la fréquence des éclats : mais il y aurait, comme dans les phares précédents et par les mêmes raisons, l'inconvénient à diminuer cette durée et à accélérer la vitesse; mais il est possible de ralentir le mouvement et de porter le temps de chaque révolution jusqu'à 16 minutes : alors cette seconde espèce de phare offrirait la même apparence qu'un phare à huit grandes lentilles; seulement les éclats seraient plus longs, les éclipses plus courtes, et l'intensité de la lumière serait moins grande. Ainsi, ils auraient, sur les phares composés de huit grandes lentilles, un genre de supériorité auquel les marins attachent beaucoup de prix, celui de la durée des éclats; mais l'intensité serait diminuée à peu près dans la même proportion, et la portée serait réduite de 11 ou 12 à 9.

On ne peut pas terminer ce qu'il y avait à dire sur les phares du premier genre, sans parler des avantages que l'on obtiendrait en les éclairant avec du

PROJET D'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

z d'huile. Le volume de l'objet éclairant pourrait être augmenté, et l'on N° XX (A).
rviendrait ainsi à augmenter la durée des éclats de lumière, ce qui dimi-
nerait d'autant celle des éclipses. Cette amélioration pourra être adoptée
r la suite, sans rien changer au système général : la seule différence qui en
sultera est que les éclats de tous les phares tournants seront plus longs et
s éclipses plus courtes ; mais les marins doivent être prévenus que le caractère
variable de chaque espèce de feux tournants est l'intervalle qui s'écoule depuis
fin d'un éclat jusqu'à la fin de l'éclat suivant, et non pas la durée absolue
s éclats ou des éclipses, qui change selon la distance ou l'état de l'atmosphère.
uant aux feux fixes, l'emploi du gaz augmentera leur intensité ; c'est la seule
élioration dont ils soient susceptibles, et il ne faut pas la négliger, car ce
nt les moins puissants.

PHARES DU SECOND ORDRE.

Tous les phares du second ordre doivent être éclairés par une lampe à
mpe et à trois mèches concentriques.

Ils consomment 450 grammes d'huile par heure et, par conséquent, 1,800 ki-
grammes ou 3,600 livres par an.

L'appareil lenticulaire aura 1^m,40 de diamètre intérieur.

Les phares du second ordre sont construits d'après les mêmes principes que
ux du premier ; mais la masse de lumière qui les éclaire est moins forte, et
s dimensions des lentilles et de l'appareil sont moins grandes. Le nombre de
s phares employé dans le système général n'est que de cinq.

Ces appareils sont susceptibles de combinaisons aussi variées que les feux
premier ordre ; mais ils sont en si petit nombre, qu'il a été inutile d'avoir
cours à toutes les différentes apparences employées pour diversifier les grands
ux. La Commission n'a admis dans le second ordre que des feux tournants à
ize demi-lentilles ; ce sont ceux du cap Carteret, de la pointe Saint-Matthieu et
Four de Guérande. Quant au feu fixe de l'île de Sein, elle a jugé convenable
le modifier par de courtes éclipses. Il a suffi, pour donner ce caractère par-
ulier à un feu fixe, de faire tourner autour un appareil portant trois petites
ntilles cylindriques équidistantes. Elles seront semblables à celles du phare
feu fixe, mais elles auront leur courbure dirigée dans le sens horizontal, au
eu d'être courbes dans le sens vertical, comme celles-ci ; en sorte qu'en passant

effet semblable à celui des lentilles sphériques ou annulaires, c'est-à-dire qu'ils diminueront la divergence des rayons dans le sens horizontal et formeront en un cône lumineux qui donnera la sensation d'un petit éclat qui passera par l'œil de l'observateur ; mais il est évident que cet éclat de lumière dans une direction ne pourra avoir lieu qu'aux dépens de celle qui éclairerait les directions voisines, et qu'ainsi chaque éclat sera précédé ou suivi d'une petite éclipse. Le phare du Pilier présentera ces apparences.

La Commission a montré à la Commission que ce sont principalement ces éclipses, et non les éclats, qui feront distinguer ces feux des autres ; c'est pourquoi elle les a nommés *feux à courtes éclipses*. Ils ne doivent pas être confondus avec les feux tournants ordinaires, dans lesquels la lumière est bien moins longtemps visible, comparativement à la durée des éclats. En effet, si l'on fait faire au système des trois lentilles mobiles sa révolution entière en 12 minutes, chaque petit éclat aura une durée de 25 secondes environ et sera précédé et suivi d'une éclipse de 25 secondes ; après quoi le feu restera fixe pendant 2 minutes 55 secondes, c'est-à-dire près de 3 minutes. Ces effets seront répétés trois fois à chaque révolution, puisqu'il y a trois lentilles mobiles, et se succéderont de la même manière dans toutes les révolutions suivantes.

La durée moyenne des phares à feu fixe du second ordre sera de 6 lieues pour les feux à 1/2 ; celle des feux tournants composés de seize demi-lentilles sera sensiblement plus forte d'une lieue, c'est-à-dire égale à 7 lieues ou 7 1/2.

PHARES DU TROISIÈME ORDRE.

Les phares du troisième ordre seront éclairés par une lampe à pompe et à verres concentriques.

La consommation d'huile sera de 190 grammes par heure et, partant, de 1,710 grammes ou 1,520 livres par an.

Le verre lenticulaire pourra avoir 50 centimètres de diamètre intérieur et, selon les besoins de la navigation.

La grande dimension a l'avantage de doubler presque l'effet produit, sans augmenter la consommation d'huile ni aux frais d'entretien ; elle occasion-

nière de l'acquisition de l'appareil et de la lanterne. Les appareils d'un mètre de largeur seront employés toutes les fois que l'on croira devoir augmenter la portée d'un phare du troisième ordre, sans qu'il soit nécessaire d'atteindre celle d'un phare du second.

Les phares du troisième ordre, comme ceux du second, seraient susceptibles d'offrir les mêmes apparences que les grands phares, au moyen d'appareils semblables, mais plus petits. On a jugé superflu d'admettre dans les premiers autant de diversité : ce sont tous des feux fixes ou des feux à courtes éclipses.

Les feux du troisième ordre étant destinés à diriger les bâtiments qui navigent près de terre et dans des passes plus ou moins étroites, il est nécessaire que les navigateurs puissent les voir continuellement, ou du moins qu'ils ne soient exposés à les perdre de vue que pendant des instants très-courts. C'est pourquoi la Commission a multiplié les feux fixes du troisième ordre autant qu'elle a pu ; elle n'y a substitué des feux à courtes éclipses que dans le cas où les localités obligeaient d'établir des différences entre des feux assez voisins les uns des autres pour occasionner des méprises. Non-seulement elle a eu cette attention, en fixant son choix, de varier les apparences des feux du troisième ordre, mais encore elle a voulu que ces apparences différassent de celles des phares du premier et du second ordre les plus rapprochés. Il est à propos de rappeler, à ce sujet, que les phares du second ordre sont aussi caractérisés de manière que, indépendamment de leur situation particulière, ils ne puissent jamais être confondus avec les phares voisins du premier et du troisième ordre.

Les feux fixes du troisième ordre qui auront 1 mètre de diamètre pourront être aperçus, même dans des circonstances défavorables, jusqu'à 5 lieues marines de distance.

Quant aux phares dont l'appareil n'aura que 50 centimètres de diamètre intérieur, leur portée moyenne ne doit être évaluée qu'à 4 lieues ou 4 lieues $\frac{1}{2}$. Cependant un appareil semblable récemment établi à Dunkerque a été vu, d'après les récits des navigateurs de ce port, jusqu'à 6 lieues au large ; mais ces circonstances étaient probablement plus favorables qu'elles ne le sont ordinairement.

La lumière des appareils tournants de 1 mètre de diamètre intérieur et

Les feux de port consistent en un simple bec d'Argant, alimenté par un réservoir ordinaire, et placé au centre d'un petit appareil lentilleux fixe, ayant 30 centimètres de diamètre intérieur. Ces fanaux ont à huit ou dix becs d'Argant ^(a).

La consommation sera de 40 grammes d'huile par heure ou 320 livres

La dernière espèce de feux n'a pas d'autre destination que celle d'indiquer les ports ou l'extrémité des jetées derrière lesquelles on peut se mettre à l'abri. Il n'est pas nécessaire qu'ils soient vus de très-loin : à 2 lieues marines à 2 lieues $1/2$, qu'ils auront dans des circonstances favorables, a paru suffisante.

Supposé que tous ces feux seraient fixes. Il eût été inutile de les diffuser ; car, lorsque les marins les apercevront, ils auront déjà leur position, au moyen des phares voisins du premier, du deuxième ordre, dont la portée est bien supérieure, et ils sauront par conséquent à quel port appartient le petit feu qu'ils ont en vue ^(b).

En mai 1825, époque où la Commission des phares arrêta son projet d'éclairage de France, Fresnel n'avait pas encore fait d'étude spéciale pour les fanaux. On fut amené, vers la fin de cette même année, en s'occupant, à la demande du préfet de Volvic, d'un projet de petits appareils lenticulaires de 30 centimètres de diamètre, pour éclairer les quais du canal Saint-Martin. La partie c'est-à-dire le tambour dioptrique, ne présentait aucun problème nouveau à ces zones, en égard à leurs faibles dimensions, pouvaient dès lors être exécutées de manière normale *annulaire*. Mais, pour la partie accessoire, la considération de la complication d'un système mixte de lentilles et de miroirs suggéra à Fresnel de constituer des anneaux de verre à *réflexion totale*, ou *catadioptriques*. Il appliqua aux appareils de feux de ports cette conception toute nouvelle, que les progrès de l'optique ont permis d'étendre depuis aux plus grands appareils lenticulaires. (Voyez le chapitre I et l'*Introduction*.)

À quelques localités où les fanaux de port auraient pu se confondre entre eux ou avec les feux des rues, on a dû donner aux premiers un caractère distinctif, soit au moyen de couleurs, soit en variant leur feu fixe par des éclats.

Océan et de la Manche, dont les passes sont à sec ou presque à sec à certaines heures de la marée (ce qui leur a fait donner le nom de *ports de marée*), la Commission devra s'occuper des indications qu'il faut adopter pour retirer les bateaux et navires qui se présentent à l'entrée du port, qu'ils peuvent y entrer parce qu'il y a assez d'eau dans les passes, ou qu'ils doivent se retirer au large en attendant que l'on puisse s'y engager.

§ III.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LA DISTRIBUTION DES FEUX.

Lorsque MM. Arago et Fresnel eurent trouvé les moyens d'augmenter la puissance des lampes qui doivent éclairer les phares, et que M. Fresnel, par sa construction et l'assemblage des lentilles, fut parvenu à leur donner l'éclat et la diversité convenables, la Commission s'assura de leurs portées par des expériences qui lui firent connaître la distance à laquelle on pourrait apercevoir, dans les temps ordinaires, la lumière des feux de chacune des espèces que l'on vient de décrire; et c'est d'après ces connaissances acquises que le système général de la distribution des feux sur toute l'étendue des côtes de France a été arrêté ainsi qu'il suit :

Les phares du premier ordre, destinés à être vus de plus loin que les seconds et à donner les premières indications sur la route qu'il faut tenir pour prolonger les côtes ou aller chercher un abri pendant la nuit, sont ceux qui ont fixé d'abord son attention. Ce sont en conséquence ceux dont on s'occupe en premier lieu; il sera ensuite question de tous les feux secondaires compris entre deux phares consécutifs du premier ordre. On n'omettra pas de faire connaître leurs apparences, avec les raisons qui les ont fait choisir, ainsi que les divers avantages que la navigation peut en retirer.

Il paraît indispensable, avant d'entrer en matière, de rassembler ici sous un point de vue les différentes portées des trois diverses espèces de phares du premier ordre, afin de pouvoir fixer invariablement quel est le plus grand intervalle que l'on puisse mettre de l'un à l'autre. On a vu que les phares du premier ordre à huit lentilles pouvaient être aperçus à 11 ou 12 lieues; nous nous en tiendrons à la plus petite de ces évaluations, et nous supposons qu'on les voit à 11 lieues. La lumière des phares à seize lentilles se voit

que ces derniers ne portent qu'à 7 lieues. Il n'aurait pas prudence d'espacer les phares sur la côte, en partant de la pointe de la Gironde, la plus grande portée. Il faut, au premier ordre, fixer les distances qui doivent les séparer d'après la portée des feux, afin qu'ils se voient de moins loin. Ainsi les feux fixes qui portent à 7 lieues ont servi à établir la règle générale de ne pas placer les phares du premier ordre à plus de 14 lieues les uns des autres, du moins tant que les distances ne le permettent pas. On ne s'est écarté de cette règle qu'à l'égard du phare d'Ailly, qui est à 20 lieues $\frac{2}{3}$ du cap Grisnez, parce que tout phare du premier ordre placé entre les deux eût été sans utilité, car les bâtiments se tiennent très au large de la côte située entre ces deux phares. Le phare du cap Fréhel, éloigné de 21 lieues $\frac{2}{3}$ de celui du cap Grisnez, et les îles d'Aurigny, Jersey et Guernesey se trouvent entre ces deux phares, et les grands bâtiments passent au large de toutes ces îles; quant aux petits bâtiments, ils fréquentent la passe de la Déroute, et l'on a placé sur la côte des feux secondaires d'après lesquels ils pourront se diriger pendant la nuit. Le phare de Biarritz, qui est à 42 lieues $\frac{2}{3}$ de la tour de Cordouan; la côte depuis la Gironde jusqu'à Bayonne est peu fréquentée, et les bâtiments n'en approchent jamais: le seul point où l'on puisse aborder est le cap d'Arcachon. Les localités n'ont pas permis de mettre entre les côtes de la Méditerranée, tels que ceux du cap Béarn, du fort de Saint-Martin, du fort de Saint-Genest, situé aux bouches du Rhône, des distances de 16 lieues à 17 lieues $\frac{2}{3}$; mais l'air est en général plus transparent sur les côtes de cette mer que sur celles de l'Océan. Les feux y conservent souvent leur portée; ainsi les désavantages du trop grand éloignement sont moins sensibles.

Les espèces de phares du premier ordre sont distribuées, sur toute la longueur de la côte, de manière qu'il y ait toujours un feu fixe entre deux phares de différentes espèces; de sorte que, si d'un côté le phare le plus éloigné est à huit lieues, celui qui sera de l'autre côté en aura seize. Les feux fixes qui présentent les mêmes apparences de lumière seront placés à une distance séparée par deux distances d'au moins 14 lieues chacune, ce qui fait en tout 28 lieues. Ainsi, il faudrait supposer qu'un vaisseau qui ne voit pas la terre pendant la nuit eût de 28 à 30 lieues d'incer-

at la nuit, avant de s'être assuré de sa position par les meilleurs moyens d'usage.

On doit faire remarquer encore, avant de passer à l'exposition du système général, que deux feux fixes ne devant jamais se suivre immédiatement, on percevra toujours le feu dont on se rapproche, avant d'avoir perdu de vue celui dont on s'éloigne. En effet, les phares tournants à seize demi-lentilles portent à 9 lieues; ainsi il faudrait mettre, entre un phare à seize lentilles et un feu fixe qui porte à 7 lieues, exactement 16 lieues d'intervalle, pour que l'on ne vît le feu dont on se rapproche qu'au moment où l'on perd de vue celui dont on s'éloigne. Entre un phare à huit lentilles, qui porte à 11 lieues, et un feu fixe, il faudrait mettre 18 lieues d'intervalle pour se trouver dans le même cas. Il est inutile de prévenir que les différentes portées de la lumière des diverses espèces de phares étant sujettes à varier avec l'état de l'atmosphère, il ne faut pas regarder les quantités qu'on vient de donner comme devant être fixes : il faut se rappeler qu'elles ont été évaluées plutôt pour un état au-dessous de l'état moyen de l'atmosphère qu'au-dessus, et que, dans les temps ordinaires, où l'on peut se diriger sans risque d'après les feux, leurs portées seront plus que suffisantes. La disposition qui place toujours un feu tournant très-brillant en avant ou à la suite de l'espèce de phare qui se voit le moins loin diminue encore l'inconvénient résultant de la grande distance où l'on a été forcé de mettre entre quelques-uns des phares du premier ordre sur les côtes de la Méditerranée, si toutefois elle ne le fait pas entièrement disparaître.

Depuis longtemps, ainsi qu'il a été dit au commencement de ce rapport, les besoins de la navigation ont été connus et l'on a cherché à y satisfaire. Plusieurs projets sur les moyens d'éclairer les côtes ont été proposés, sans qu'on y ait donné aucune suite. Enfin, on se décida à demander à tous les marins des diverses parties des côtes de France des éclaircissements sur l'établissement de feux propres à diriger avec le plus de sûreté les bâtiments qui fréquentent et à prévenir les naufrages. Un mémoire qui ne porte point de

écrit à une époque comprise entre 1766 et 1778, fait partie des documents précieux conservés au Dépôt général des cartes et plans de la marine. Le nom de l'auteur est inconnu; mais, à en juger par la justesse des idées et la clarté des discussions, on doit conclure que ce mémoire est l'œuvre d'un des officiers de la marine les plus expérimentés et les plus éclairés de son époque. Il semble qu'on pourrait l'attribuer à un officier d'une très-grande valeur, nommé M. de Kéarney, qui est généralement regardé comme le chef de l'école qui a produit successivement MM. de Kersaint et de Traversai, pendant la guerre de 1778, passaient pour être les plus habiles manœuvriers de l'époque; le grand nombre de missions dont cet officier a été chargé pour surveiller les côtes de France, le grand nombre de mémoires que l'on possède de lui, qui ressemblent par le style à celui dont il s'agit et qui portent l'empreinte d'un esprit et d'un talent supérieurs, donnent lieu de le

considérer dans le mémoire dont il est question que les premières bases du système adopté par la Commission ont été prises. On sent que les contours des côtes et les localités étant restés les mêmes, on n'a pas dû établir les feux du premier ordre dans d'autres lieux que ceux qui avaient été désignés dans l'ancien mémoire; seulement, comme nous possédons à présent des moyens de varier l'apparence des feux, il a été possible d'en établir quelques-uns dans les lieux où la crainte de causer de la confusion avait empêché l'auteur d'en établir, et de céder aux demandes quelquefois assez instantes des marins de voir des feux dans certaines parties de la côte. On peut, à plus forte raison, en dire autant des feux secondaires, qui pourront sans inconvénient être beaucoup plus nombreux dans le nouveau système que dans celui du mémoire qui vient d'être mentionné.

Les dépenses considérables qu'il aurait fallu faire pour mettre l'ancien système à exécution ont sans doute été cause qu'on ne lui a, dans le temps, donné aucune suite. En effet, on ne pouvait alors produire que des feux fixes composés de simples réverbères alimentés avec de l'huile; et, lorsqu'on voulait donner plus d'éclat, on brûlait du bois et du charbon de terre dans des feux très-élevés. Le seul moyen de diversifier l'apparence des phares consistait à placer dans certains lieux un seul foyer, et dans d'autres deux; par conséquent, on était forcé alors de construire deux tours, comme au cap la

onstruction de trois tours. Nous, au contraire, il nous a été possible de satisfaire à tous les besoins sentis il y a plus de cinquante ans, au moyen des trois diverses apparences que nous pouvons, sans augmenter les dépenses, donner à volonté à tous les phares.

C'est ce nouveau moyen d'augmenter et de diversifier la lumière qui nous a permis de satisfaire à tous les besoins connus de la navigation et nous fait espérer de pouvoir satisfaire également par la suite à ceux que l'on n'a pu prévoir.

§ IV.

DISTRIBUTION DES FEUX SUR LES CÔTES DE FRANCE.

CÔTES DE LA MANCHE ET DE L'OcéAN.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Le phare du premier ordre le plus septentrional est celui de *Calais*.

Feu tournant à seize demi-lentilles.

Portée, 9 lieues.

Un feu tournant a été établi à Calais plusieurs années avant que le système général eût été arrêté. Sa destination est de favoriser, pendant la nuit, la communication si fréquente qui a lieu, dans cette partie, entre les côtes de France et celles d'Angleterre. Il est éclairé par six lampes d'Argant, placées aux foyers de six grands miroirs paraboliques, et est à révolution. Lorsqu'on verra à propos de changer l'appareil actuel, on le remplacera par un appareil antérieur tel que celui qui vient d'être indiqué.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS AU NORD DE CALAIS.

Dunkerque : un feu fixe du troisième ordre est établi sur la tour de l'Heuvenaar, à Dunkerque. Dans le système actuel, il sera à courtes éclipses.

Ce feu doit indiquer aux bateaux pêcheurs qui, à certaines époques de la marée, peuvent traverser les bancs situés au large de la rade de Dunkerque, la route qu'ils doivent suivre pour venir chercher l'entrée du port.

tée de 5 lieues est à peu près égale à la distance à laquelle les bancs
se s'étendent au large. Ce feu ne doit pas être vu par les grands
navires, qui, pour éviter les bancs, se tiennent à une grande distance de

navires : un feu fixe de 50 centimètres de diamètre intérieur.

indiquera le point de la côte dont on peut s'approcher pour venir
à l'entrée de la rade de Dunkerque.

de Dunkerque n'est qu'à environ 7 lieues du phare de Calais; celui
du milieu se trouve au milieu de la distance; par conséquent, ces trois feux
s'approchent les uns des autres; mais comme ils auront tous des
couleurs différentes, il sera impossible de les confondre et de prendre l'un
pour l'autre.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Le feu tournant à seize demi-lentilles.

Le feu fixe.

La distance qui sépare ces deux phares n'est que de 4 lieues; cependant
l'administration n'a pas cru pouvoir se dispenser d'établir au cap Grisnez un
phare du premier ordre, parce que c'est à ce cap que la côte fait le coude et
à l'entrée du Pas-de-Calais : en partant de ce point, les bâtiments qui
viennent du nord ont été obligés de se tenir au large pour éviter les
bancs de la Somme doivent s'en écarter de nouveau pour se garantir des
bancs de Flandres. Ce même phare fera connaître la sortie du détroit à ceux
qui viennent du sud et entrent dans la Manche.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE CALAIS ET GRISNEZ.

La distance de ces deux phares est si petite qu'il n'y a entre eux aucun feu
intermédiaire; d'ailleurs il ne s'y trouve ni port ni lieu d'abri.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Le feu fixe.

Le phare tournant à huit lentilles.

La distance de l'un à l'autre est de 20 lieues $\frac{2}{3}$ et surpasse de 2 lieues

meuvent à Ambleteuse et se prolongent le long de la côte en s'étendant jusqu'à 6 lieues au large empêchent de venir près de terre dans tout cet espace. Le premier point dont on puisse avoir intérêt de s'approcher est celui où se trouve le phare d'Ailly. C'est par cette raison qu'on y a placé un phare du premier ordre. Il servira aussi de point de reconnaissance aux bâtiments qui voudront, en quittant les côtes de France, passer à l'ouest des bancs de la Somme.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE GRISNEZ ET AILLY.

On trouve du côté d'Ailly, et à une petite distance, le port de Dieppe, très-fréquenté, et celui de Cayeux, d'une moindre importance. On a entretenu, depuis longtemps, des feux à leur entrée; la Commission propose de les conserver, en les modifiant d'après le nouveau système adopté.

Cayeux : feu du troisième ordre à courtes éclipses.

Il sert de guide aux bâtiments qui entrent dans la rivière de Somme. Il faudra décider si l'appareil sera de grande ou de petite dimension. Le fanal ne contenait autrefois que cinq lampes ordinaires à réverbère. Il sera sans doute utile de consulter les Chambres de commerce et les marins de la Somme ou de Saint-Valery, sur l'emplacement et l'éclat le plus avantageux à donner à ce feu, qui néanmoins devra toujours être un feu du troisième ordre à courtes éclipses. Il ne s'agira plus que de fixer les dimensions de l'appareil lenticulaire.

Dieppe : feu fixe.

Il y a depuis longtemps à Dieppe un appareil à feu tournant composé de miroirs paraboliques. Un feu de port suffirait, à la rigueur, pour marquer l'entrée du port; mais comme la côte est saine depuis Ailly jusqu'à Cayeux, on croit qu'en plaçant à Dieppe un feu fixe du troisième ordre et un autre feu à courtes éclipses à Cayeux, on facilitera la navigation des bâtiments qui sont obligés de prolonger, pendant la nuit, la côte située au nord d'Ailly, pour se rendre dans la Somme ou dans les autres ports situés plus au nord.

Dieppe est un port dans lequel on ne peut pas entrer à toutes les époques de la marée. L'usage actuel est de ne tenir le feu allumé que pendant le temps où il y a assez d'eau dans la passe pour les pêcheurs. Il semble que, d'après la destination qu'on veut lui donner dans le système général, qui est de servir aux caboteurs allant d'Ailly à l'embouchure de la Somme, il faudrait le con-

d'eau dans le port, on pourrait prendre le parti de le masquer dans un de la passe, si les localités le permettent. Le feu serait démasqué tout où les pêcheurs pourraient entrer dans le port. Il serait aussi possible de rendre à éclipses, dans le même intervalle de temps, en faisant des écrans autour de ce feu, à l'aide d'une machine à révolution. La commission déterminera son choix d'après l'avis des marins de Dieppe. On s'occupera aussi à s'occuper des modifications dont les feux de ports sont susceptibles, pour faire connaître aux bâtiments qui se présentent à l'entrée de la mer la quantité d'eau qu'il y a dans la passe. Les feux de ports seront placés à l'entrée des ports de Boulogne, Étaples, et de la Pêche de l'Authie; et l'on se conformera, dans tous ces lieux, à ce qui a été décidé relativement aux indications dont on vient de parler.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Le feu tournant à huit lentilles.

Antifer : feu fixe.

La distance de l'un à l'autre est de 11 lieues.

Le phare n'avait été placé jusqu'à présent sur le cap d'Antifer; mais la commission, ayant remarqué que la côte forme à ce point un coude qui ne permet pas de voir les feux du cap la Hève que lorsqu'on est à une grande distance d'Ailly, a cru devoir proposer l'établissement d'un phare du premier ordre à cet endroit. Son intention est, d'une part, que les bâtiments qui approchent de la côte ne soient jamais exposés à perdre de vue la lumière du phare; et d'autre part, d'épargner à ceux qui naviguent dans ces parages; et, d'une autre part, d'épargner à ceux qui vont aller directement prendre connaissance du phare de Barfleur le temps qu'ils seraient obligés de faire, s'ils étaient loin de terre, pour aller reconnaître les feux du cap la Hève, qui sont fixes et de la plus petite portée des feux du premier ordre.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE AILLY ET ANTIFER.

Le feu des ports de Saint-Valery-en-Caux et de Fécamp sera marquée,

et qu'il n'y aura pas assez d'eau dans les passes pour les pêcheurs, ou bien lui fera subir des modifications qui seront par la suite déterminées.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Cap d'Antifer : feu fixe.

Cap de la Hève : deux tours portant chacune un feu fixe.

Les tours sont situées, l'une par rapport à l'autre, au N. $19^{\circ} 50'$ E. et au S. $50^{\circ} 0'$ O. du monde; elles sont séparées par une distance de 50 toises.

La distance du cap d'Antifer aux tours de la Hève n'est que de 4 lieues.

La lumière des feux que l'on allume à présent sur ces deux tours est produite par des lampes d'Argant avec des miroirs paraboliques. La Commission propose d'y substituer des feux fixes lenticulaires. La présence de deux feux sur le cap la Hève empêchera toujours de confondre ce cap avec celui d'Antifer, qui n'en présentera qu'un seul.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LES CAPS DE LA HÈVE ET D'ANTIFER.

La côte est saine dans tout cet espace et n'offre ni port ni abri.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Cap de la Hève : deux tours portant chacune un feu fixe.

Cap Barfleur : un feu tournant à seize demi-lentilles.

La distance de ces deux caps est de 17 lieues $\frac{1}{3}$; la portée des feux n'est que de 16 lieues : on perdra donc de vue les deux phares dans les temps ordinaires, et, à plus forte raison, si l'on se rend en ligne directe du cap d'Antifer au cap Barfleur, qui en est à 19 lieues. Le golfe assez profond que la côte forme entre ces deux caps, et dans lequel on ne s'enfonce jamais sans nécessité, a empêché de remédier à cet inconvénient et de se conformer au principe adopté dans le système général, qui est de ne jamais mettre plus de 12 lieues entre deux phares consécutifs. Il y a d'autant moins de danger à perdre la lumière de vue, en se rendant de l'un de ces phares à l'autre, que, dans ce cas, on sera à peu près au milieu de l'ouverture du golfe, et au moins 7 lieues de toutes les terres.

ix fanaux, composés chacun de deux réverbères *sidéraux*, sont établis à ur, sur deux petites tours, pour indiquer l'emplacement de ce port et ement du chenal. On substituera au premier un feu fixe du troisième Les bâtiments qui se trouveront à l'embouchure de la Seine verront, é du nord, les deux grands feux fixes du cap la Hève, et, du côté du feu du troisième ordre à courtes éclipses de l'embouchure de l'Orne; e Honfleur, qui sera fixe, paraîtra entre eux, et ne pourra être pris ni es uns ni pour l'autre.

feu à courtes éclipses du troisième ordre sera placé à l'embouchure de ou de la rivière de Caen. L'embouchure de cette rivière est fermée par nes qui découvrent de basse mer et qui sont traversés par un grand e de petits filets d'eau. Lorsque la mer a acquis assez de hauteur pour les passes praticables, elles sont encore fort difficiles; d'ailleurs elles nt très-fréquemment. Il faudra décider si le phare ne devrait pas plutôt acé pour indiquer le mouillage de la fosse de Colleville, qui est bon et peut attendre que la marée permette d'entrer dans la rivière.

feux de port suffiront pour les entrées des ports du Havre, de Honfleur et Hougue.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Barfleur : feu tournant à seize demi-lentilles.

la Hague : feu fixe.

istance de ces deux phares n'est que de 8 lieues $\frac{2}{3}$.

ait indispensable, malgré la proximité de ces deux caps, d'établir un feu ap la Hague, parce que c'est à cet endroit que la côte tourne presque ent et forme l'entrée du ras Blanchard, qui mène au passage de la e, lequel est très-fréquenté par les caboteurs qui, venant du nord, vont ville et à Saint-Malo. Son emplacement devra être tel, que la lumière être vue également bien par les bâtiments qui vont du cap Barfleur la Hague et par ceux qui se trouvent dans le ras Blanchard et le pas- la Déroute.

grands bâtiments passent toujours au large des îles d'Aurigny et de

endre connaissance des feux des Casquets, qui présentent trois points lumineux placés en triangle, et, après les avoir doublés, ils pourront, selon leur destination, revenir vers le sud, pour aller chercher les côtes nord de la Bretagne, où ils trouveront des phares placés de distance en distance, et d'après lesquels ils pourront se diriger pendant la nuit.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LES CAPS DE BARFLEUR ET DE LA HAGUE.

Des feux de ports seront placés sur les jetées, pour marquer les passes de rade de Cherbourg, et à l'entrée du port. L'emplacement de ces feux a été décidé au Ministère de la marine; c'est cette administration qui est chargée de leur entretien. On pourrait lui proposer de substituer des feux de ports, conformes au système actuel, à ceux qui existent présentement.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Cap la Hague : un feu fixe.

Cap Fréhel : un feu tournant à seize demi-lentilles.

La distance du cap la Hague au cap Fréhel est de 21 lieues $\frac{2}{3}$ et dépasse beaucoup la portée des deux phares; mais, ainsi qu'on le verra bientôt, on n'aura jamais de l'un de ces feux directement à l'autre sans avoir eu connaissance des phares secondaires placés dans l'intervalle.

Le feu du cap Fréhel sert principalement aux bâtiments qui, venant de l'ouest, vont à Saint-Malo ou à Granville. Il y a présentement un feu tournant composé de huit grands réflecteurs à double parabole, illuminés chacun par une lampe d'Argant; on leur substituera l'appareil lenticulaire indiqué ci-dessus, quand on le jugera convenable.

PHARES SECONDAIRES ENTRE LES CAPS LA HAGUE ET FRÉHEL.

Cap Carteret : feu tournant du second ordre à seize demi-lentilles.

Granville : feu fixe du troisième ordre de 1 mètre de diamètre.

La distance du cap la Hague au cap Carteret est de 7 lieues, et les portées combinées des phares font environ 12 lieues.

Les moyennes de ces deux feux sera égale à leur distance.
Les navires qui se trouveront, pendant la nuit, entre la côte et les îles
Jigny, Gersey ou Guernesey, verront donc toujours, à moins de circons-
tances défavorables, un des feux établis au cap la Hague, au cap Carteret et à
Saint-Malo. Ils auront ainsi les moyens de se conduire avec sécurité dans le canal
de Déroute, dont la navigation est très-difficile.

Les feux de Granville et du cap Fréhel sont à 10 lieues l'un de l'autre,
et la distance qui est de 3 lieues moins grande que la portée totale des feux :
les navires qui iront à Granville, en venant de l'ouest, et ceux qui
iront à ce port pour aller au large ne perdront jamais de vue l'un de ces
feux. Il en est de même de ceux qui iront à Saint-Malo ou en partiront; mais
ici il faut encore, pour marquer le lieu où ils doivent mouiller, un feu du
même ordre à courtes éclipses, placé sur une des îles de la rade. Le même
feu sera pas sans utilité pour les bâtiments qui passeront devant Saint-
Malo en allant à Granville, ou qui partiront de ce dernier port. On placera
un feu de port au point le plus saillant de l'entrée du port de Saint-

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Cap Fréhel : feu tournant à seize demi-lentilles.

Bréhat : feu fixe.

Les deux phares sont éloignés l'un de l'autre de 9 lieues $\frac{2}{3}$, distance de
environ plus faible que la somme des portées de leurs lumières.

Le phare de Bréhat est situé convenablement, quant à sa distance, par
rapport à celui du cap Fréhel; il en est de même de sa situation à l'égard du
cap de l'île de Bas : mais il a, sous d'autres rapports, des désavantages dont
il est nécessaire de parler.

La chaîne de roches, terminée par un écueil nommé *Rocarbel*, s'étend à
environ 3 lieues au large de la pointe où le phare peut être placé. Le groupe
de rochers connu sous le nom de *Roquedouve* est à environ 3 lieues dans le
sud-est quart nord de l'extrémité du dernier rocher de cette chaîne; mais
l'espace entre les deux se trouve réduit à environ 1 lieue $\frac{1}{2}$ de largeur.
D'autres rochers sous l'eau qui, depuis Roquedouve, s'avancent à près de
10 lieues dans le sud-est, en s'approchant de la côte de Bretagne. De plus, les

route au milieu, on est exposé à rencontrer un écueil sous l'eau appelé *Basse du Moulec*. Le passage entre Bréhat et Roquedouve est donc difficile pendant le jour, et il serait trop dangereux pendant la nuit pour le fréquenter; ainsi, la vue du phare de Bréhat ne peut tout au plus servir qu'à indiquer le point de la côte dont il ne faut pas approcher. Cet avertissement est essentiel à donner; et dans le cas où les localités ne se prêteraient pas à l'établissement d'un phare dans un emplacement plus favorable, il faudrait se contenter de celui d'un phare à Bréhat. Mais, avant de prendre définitivement ce parti, il conviendrait de s'assurer s'il n'y aurait pas quelque moyen propre à faire franchir sans danger, pendant la nuit, cette partie de la côte, où la navigation est si dangereuse.

Il est à remarquer qu'un feu fixe placé sur Roquedouve, au lieu de l'être à Bréhat, remplirait toutes les conditions nécessaires et rendrait la navigation presque aussi facile pendant la nuit que pendant le jour. En effet, sa lumière serait suffisante du côté de l'île de Bas, éloignée de 15 à 16 lieues dans l'ouest, et plus que suffisante du côté du cap Fréhel, situé dans le sud-est, à 12 lieues de distance, direction dans laquelle la navigation est le plus embarrassée d'écueils.

La route au nord de Roquedouve paraît libre de tout danger; et comme on peut passer assez près de ce groupe de rochers, le phare aurait le grand avantage de marquer la limite de la distance dont la côte peut être approchée dans cette partie. Les bâtiments allant à Saint-Malo ou à Granville, ou qui en reviennent, ne seraient plus obligés de s'écarter beaucoup dans le nord et de se détourner de leur route pour l'éviter.

Le plan du groupe de rochers appelé Roquedouve a été levé par M. de Lavoye, pendant les reconnaissances qu'il a faites en 1675, 1676 et les années suivantes, sur la côte de Bretagne. Le dessin de la carte originale de cet ingénieur est au Dépôt des cartes et plans de la marine. On y voit plusieurs rochers marqués d'une couleur particulière, indiquant qu'ils restent toujours hors de l'eau. Deux de ces rochers ont reçu des noms particuliers : celui qui est presque au milieu du groupe s'appelle *la Madre*, et le second, qui se trouve à l'extrémité orientale, a reçu le nom de *Lavander*. Il est à présumer que ce sont les plus élevés et les plus considérables, et qu'il serait possible d'y construire une tour, même avec moins de difficulté que sur le rocher d'Eddystone,

qu'il importe surtout d'examiner. Le service essentiel qu'un phare sur Roquedouve rendrait à la navigation des ports de Saint-Malo et de Granville engage la Commission à prier M. le Directeur général de demander à Son Exc. le Ministre de la marine de faire visiter Roquedouve par les ingénieurs-hydrographes attachés au Dépôt de la marine, afin d'éclaircir cette importante question. Ils nous feront connaître, par un plan exact, la position des rochers, leur élévation, et nous apprendront si la force de la mer ou des vents permet de les aborder assez souvent, sans danger, tant pour y bâtir une tour que pour relever les gardiens et leur porter des vivres, lorsque le phare sera construit.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LE CAP FRÉHEL ET BRÉHAT.

Point-Briec est le seul port à l'entrée duquel il soit nécessaire d'entretenir un feu de port.

FEUX DU PREMIER ORDRE.

Bréhat : feu fixe.

Île de Bas : feu tournant à huit lentilles.

La distance de Bréhat à l'île de Bas est de 13 lieues $\frac{2}{3}$.

La portée totale des feux est de 18 lieues.

La côte comprise entre ces deux phares est bordée de rochers qui s'étendent, de certains endroits, à plus de 3 lieues au large. L'île de Bas, indiquée par un feu, marque le point de la côte où l'on peut commencer à se rapprocher de terre, lorsqu'on se dirige à l'ouest, ou à s'en éloigner quand on va dans l'est. S'il était possible de placer un feu sur Roquedouve, il indiquerait, du côté de Bréhat, la distance à laquelle on doit se tenir éloigné de la terre; et, par suite, que, si l'on y construisait une tour, cette côte si dangereuse se trouverait balisée pendant le jour et pendant la nuit.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE BRÉHAT ET L'ÎLE DE BAS.

La Commission a proposé d'allumer un feu de port à Morlaix. Mais comme les passes qui conduisent au mouillage de la rivière sont longues et tortueuses,

PROJET D'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

pourra par la suite y établir des feux secondaires par échelons, comme en N° XX (A). beaucoup d'autres endroits de la côte, et rendre ces passes praticables pendant nuit, sans occasionner de confusion dans le système général que la Commission a adopté.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Ile de Bas : feu tournant à huit lentilles.

Ile d'Ouessant : feu fixe.

Ouessant est à 14 lieues $\frac{2}{3}$ de l'île de Bas. L'espace éclairé peut être de lieues.

Il n'y a aucune observation à faire ici sur le phare d'Ouessant; il en sera mention plus bas, lorsqu'on s'occupera des feux établis à l'entrée de Brest.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE L'ÎLE DE BAS ET OUESSANT.

Il est possible que l'on demande par la suite de placer des feux de port à l'entrée de quelques-uns des petits ports de la côte compris entre les phares l'île de Bas et d'Ouessant et qui ne sont en général fréquentés que par les navires du cabotage et par les pêcheurs. La Commission pourra sans inconvénient accorder tous ceux qu'elle jugera nécessaires.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Ile d'Ouessant : feu fixe.

Bec du Ras : feu fixe.

La distance du bec du Ras au phare d'Ouessant est de 10 lieues.

On doit remarquer ici que la Commission s'est écartée du principe général de ne jamais placer deux feux présentant les mêmes apparences sur deux points si rapprochés l'un de l'autre que ceux-ci; mais comme, dans le système général, il doit y avoir à la pointe Saint-Matthieu un feu tournant du second ordre, et sur l'île de Sein un autre feu à courtes éclipses, également du second ordre, elle a cru devoir adopter, à l'égard de cette partie de la côte, un arrangement particulier : les motifs qui l'ont déterminée à prendre ce parti ont été exposés.

Les phares du premier et du second ordre dont on vient de parler ont

dans la rade de Brest, ou qui en sortent. La navigation de cap en cap en quelque sorte interrompue à cet endroit par une chaîne de roches dangereuses, qui à la vérité laisse entre elle et le bec du Ras un passage étroit, mais qui, de l'autre côté, en se dirigeant droit à l'ouest, s'étend à 5 lieues au large. M. Beautemps-Beaupré, ingénieur-hydrographe au Dépôt des cartes et plans de la marine, ayant sous ses ordres les ingénieurs-hydrographes attachés à cet établissement, vient d'en lever un plan. Une campagne de six mois de travaux opiniâtres, pendant lesquels il a couru de grands dangers, a suffi à peine pour compléter ce plan. Les résultats obtenus sont la connaissance entière du passage appelé *Ras-de-Sein*, entre le bec du Ras et la chaîne de roches dont on vient de parler. M. Beautemps-Beaupré a fixé, tant du côté du nord que de celui du sud, les limites de cette chaîne qu'on appelle *chaussée de Sein*. On peut s'apercevoir, à l'examen de la carte publiée au Dépôt de la marine, que l'intérieur a été levé avec soin; néanmoins, d'après la nature de cet écueil, il serait impossible de surer que l'on a trouvé la véritable limite de son extrémité. En effet, les amas de roches rapprochées les unes des autres, qui, à basse mer, forment une chaîne continue, dans le voisinage de l'île de Sein, des aiguilles élevées, mais qui s'abaissent graduellement à mesure qu'elles en sont plus éloignées; d'abord elles paraissent plus au-dessus de la basse mer, ensuite elles ne forment plus qu'un banc près de l'extrémité, que des rochers épars et cachés, que le hasard seul peut faire rencontrer. Il en résulte que la limite marquée sur la carte est en question n'est réellement que celle des travaux des ingénieurs-hydrographes, qui ne pouvaient pas les pousser plus loin sans s'exposer à leur vie. En temps qu'ils ont plus fructueusement employé sur d'autres parties de l'écueil. Certainement ils se sont arrêtés bien près de l'extrémité; cependant il est imprudent de répondre qu'au delà de la partie visitée par eux il ne se trouve pas sous l'eau quelques roches détachées sur lesquelles des bâtiments, approchant de cette extrémité, pourraient se perdre.

Il faut donc établir en règle générale, que l'on ne doit jamais approcher de la chaussée de Sein. Dès lors, il faut se contenter, en plaçant des bornes propres à faire éviter ce danger, d'indiquer par la position relative de ces bornes si ceux qui les aperçoivent se trouvent en dehors de ses limites du nord et dans l'Iroise, ou bien s'ils sont dans le sud, du côté de la

1 côté ils doivent se diriger pour s'éloigner.

Le feu du second ordre à courtes éclipses placé sur l'île de Sein remplira l'objet qu'on se propose. S'il est établi sur la pointe la plus nord de l'île, il terminera, avec le feu fixe du premier ordre de la pointe du Ras, un alignement qui prolongera la chaussée de Sein dans toute sa longueur, en passant peu près au milieu. Ainsi les bâtiments qui, par hasard, se trouveraient exposés à faire route sur la chaussée de Sein en seraient avertis par la présence de deux feux qu'ils verraient dans l'est, suivant la même direction ou à une certaine distance l'un de l'autre. On aura en général la certitude d'être au nord de la chaussée, toutes les fois que l'on apercevra un feu à courtes éclipses à gauche d'un feu fixe; et au contraire on se trouvera dans le sud, quand le feu à courtes éclipses sera vu à la gauche du feu fixe.

Le feu de l'île de Sein sera environ à 1 lieue $\frac{2}{3}$ de celui du bec du Ras; comme il sera vu de plus près par les vaisseaux qui sont au large, on lui donnera moins d'intensité, afin que les deux feux puissent être aperçus en même temps de ce côté.

Le feu de la pointe du Ras marque d'une manière très-distincte le passage de la chaussée de Sein laisse entre elle et la terre. Il se lie aussi avec le système général de la navigation de cap en cap : c'est lui qui est le plus rapproché du phare de Penmarc'h et qui marque le point où cette navigation est interrompue. Le phare d'Ouessant, ainsi qu'on l'a vu, se lie du côté du nord au système de la navigation de cap en cap et en marque la limite de ce côté. Il sert au premier lieu à faire connaître l'entrée de Brest et à indiquer la route qu'il faut suivre pour s'y engager. On aperçoit ensuite le phare de la pointe Saint-Mathieu, d'après lequel on doit se diriger pour entrer dans le Goulet.

Le phare de Saint-Mathieu est à près de 5 lieues dans le sud-est du phare d'Ouessant. Leurs feux seront vus en même temps dans un grand nombre de positions différentes; mais comme dans quelques-unes on pourrait n'apercevoir que le feu de Saint-Mathieu, il a fallu donner à ce dernier une apparence qui empêchât non-seulement de le confondre avec celui d'Ouessant, mais encore avec celui de l'île de Sein : or, comme celui-ci sera à courtes éclipses, on a cru que l'autre devait être un feu tournant ordinaire à éclipses fréquentes, et on a proposé d'y établir, en conséquence, un appareil du deuxième ordre composé de seize demi-lentilles.

Ministère de la marine : ils consistent dans des lampes d'Argent mu-
grands réflecteurs paraboliques. La Commission, en raison de l'import-
e ces phares et de leur utilité pour la sûreté des vaisseaux de Sa Majesté,
neur de représenter à M. le Directeur général qu'il serait à désirer que
me proposé par elle pour éclairer les côtes de France, et qui est déve-
ans ce mémoire, fût communiqué à Son Exc. le Ministre de la marine et
nies, et que Son Excellence fût invitée à faire remplacer, quand elle le
convenable, les miroirs paraboliques servant actuellement à l'éclairage
eux phares, par les appareils lenticulaires dont on vient de parler.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

du Ras : feu fixe.

marc'h : feu tournant à seize demi-lentilles.

distance du bec du Ras à Penmarc'h n'est que de 7 lieues ; ainsi le feu
t de Penmarc'h sera vu dans toute l'étendue de cette distance. Il en
plupart du temps de même à l'égard du bec du Ras ; mais en s'en
chant, on ne tardera pas à voir en même temps sur la gauche le feu du
ordre à courtes éclipses de l'île de Sein.

phare de Penmarc'h est celui qui doit servir de point de reconnaissance
iments venant du large et allant à Lorient.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LE BEC DU RAS ET PENMARC'H.

se trouve dans l'étendue de côte située entre ces deux phares que le
Audierne, peu éloigné du bec du Ras, où il puisse devenir nécessaire
venir un feu de port. Il existe néanmoins, très-près de Penmarc'h, une
anse, nommée *anse de la Torche*, où se trouve la seule plage sur la-
les bâtiments chargés en côte pourraient venir se jeter sans courir risque
ordre corps et biens. Les circonstances où l'on est forcé de prendre ce
extrême sont heureusement très-rares ; cependant, si l'on juge par la
t'il soit utile d'indiquer pendant la nuit cette plage par un feu, ou bien
boteurs ou les pêcheurs réclament ce secours, il ne faudrait pas hésiter
r accorder.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Penmarc'h : feu tournant à seize demi-lentilles.

Ile de Groix : feu fixe au fort de la Croix.

La distance est de 13 lieues, et l'espace susceptible d'être éclairé dans les temps ordinaires est de 16 lieues; ainsi l'on verra presque toujours la lumière de l'un ou l'autre de ces feux.

Le phare de Penmarc'h servira, ainsi qu'on l'a dit plus haut, d'objet de reconnaissance pour aller à Lorient, et celui de Groix indiquera le lieu où les bâtiments pourront attendre le jour ou un temps favorable pour entrer dans ce port; il sera aussi fort utile, comme point très-avancé, à ceux qui prolongeront la côte.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE PENMARC'H ET GROIX.

Lorsqu'on va de Penmarc'h à Groix, on passe au large d'un groupe d'îles appelées îles de Glenan : un feu du troisième ordre à courtes éclipses serait établi sur l'île de Penfret, pour indiquer le mouillage le plus fréquenté. Ce feu pourra être aperçu de 4 ou 5 lieues; il serait avantageux qu'il pût être vu du large dans beaucoup de directions; ce serait un secours de plus pour ceux qui prolongent la côte.

Loctudy, la rivière de Quimper, et Concarneau sont des lieux où il faut entretenir des feux de port.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Ile de Groix : feu fixe au fort de la Croix.

Belle-Île : feu tournant à huit lentilles.

La distance de ces phares est de 8 lieues, et l'espace éclairé pourrait être de 18, c'est-à-dire beaucoup plus long.

Belle-Île est un des grands atterrages de la côte de France; c'est à ce point que l'on vient prendre connaissance de terre pour aller dans la Loire; et lorsque les vents soufflent du sud, on vient quelquefois chercher cette île pour aller à Lorient.

era nécessaire d'entretenir des feux de port à Port-Louis, à la rivière d'Éh, à l'entrée du Morbihan et sur la pointe nord-est de l'île d'Hoëdic. Morbihan, où se trouvent grand nombre de petits ports et de chenaux fréquentés par de petits navires et principalement par des pêcheurs, sans doute qu'on établisse des feux de port dans plusieurs endroits : on le fera à mesure qu'on en sentira le besoin.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Belle-Île : feu tournant à huit lentilles.

Dieu, à la tour Saint-Sauveur : feu fixe.

La distance de ces deux phares est de 16 lieues $\frac{2}{3}$, et l'espace qui pourrait être éclairé, de 18 lieues; ainsi l'on verra presque toujours la lumière de ces phares.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE BELLE-ÎLE ET L'ÎLE DIEU.

Les feux secondaires dont il est ici question sont destinés à faciliter l'entrée de la Loire. Les bâtiments venant du large qui auront eu connaissance du phare de Belle-Île se dirigeront d'après le feu d'un phare établi sur un banc de sable, au Four de Guérande; ensuite le même phare les aidera à passer entre Belle-Île et la pointe du Croisic, pour entrer dans la Loire.

Le phare du Four de Guérande sera un feu tournant du second ordre à huit demi-lentilles. Il est éclairé actuellement par huit miroirs à double pannel, portant chacun deux becs d'Argant; on y substituera, dans la suite, des lentilles lenticulaires.

La distance du phare de Belle-Île à celui du Four est de 8 lieues $\frac{1}{2}$, et l'espace qui pourrait être éclairé, de 16 lieues. Le feu de Belle-Île à lui seul peut éclairer tout cet intervalle. Il sera d'un grand secours aux bâtiments qui voudront entrer en Loire, ainsi qu'à ceux qui en sortent.

Le phare du Four, dont on vient de parler, est près de l'extrémité de la rive

feu de distance de la partie de l'île de Noirmoutier qui forme la pointe de l'entrée de la rivière du côté de la rive gauche. Ce feu sera du second ordre à courtes éclipses. Il servira aux bâtiments qui entrent dans la Loire de ce côté, ou à ceux qui en sortent, et aux pêcheurs qui fréquentent la baie de Surgneuf.

En établissant un feu fixe du troisième ordre sur chacune des deux tours de guillon, on indiquera l'alignement qu'il faut suivre pour entrer dans la rade des Charpentiers et dans celle de Bonne-Anse.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Île Dieu, sur la tour de Saint-Sauveur : feu fixe.

Tour des Baleines, dans l'île de Ré : feu tournant à seize demi-lentilles.

La distance de la tour de Saint-Sauveur à celle des Baleines est de 16 lieues $\frac{1}{3}$.

L'espace qui pourrait être éclairé par ces deux phares est de 16 lieues.

Le phare de la tour des Baleines marque l'entrée du pertuis Breton, et indique les moyens d'éviter un banc de roches dangereux qui s'étend à près de 16 lieues au large de la pointe sur laquelle il est placé. La route qu'on fait en allant du phare de l'île Dieu à celui de la tour des Baleines peut conduire directement à la rade de Saint-Martin de l'île de Ré et à la rade de l'île d'Aix, c'est celle de Rochefort.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE L'ÎLE DIEU ET LA TOUR DES BALEINES.

La pointe des Sables-d'Olonne est environ à moitié chemin entre l'île Dieu et la tour des Baleines; elle est assez saillante, et surtout dangereuse à cause d'un groupe de rochers appelés *Barges d'Olonne*, qui la font encore saillir davantage. Un feu du troisième ordre à courtes éclipses doit être établi à l'extrémité de cette pointe, pour avertir pendant la nuit qu'il ne faut pas approcher du lieu où il est placé. Ce feu sera aussi d'une assez grande ressource pour l'entrée du pertuis Breton, parce qu'il donnera le moyen d'éviter plusieurs dangers.

Il sera aussi nécessaire d'entretenir un feu de port à l'entrée du port Saint-Martin et du port de Saint-Martin à l'île de Ré.

tour des Baleines, dans l'île de Ré : feu tournant à seize demi-lentilles.

tour de Chassiron, dans l'île d'Oléron : feu fixe.

La distance de l'un de ces feux à l'autre n'est que de 4 lieues $\frac{2}{3}$. Ils sont vus en même temps par les bâtiments qui se présenteront à l'entrée du pertuis d'Antioche, pour aller soit à la rade de l'île d'Aix, soit à celle des Sables, située en avant de la Rochelle.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LES TOURS DES BALEINES ET DE CHASSIRON.

Un feu du troisième ordre sera placé sur l'île d'Aix, pour indiquer la route qui conduit au mouillage de cette île.

Il y a vis-à-vis de la Rochelle un banc nommé *le Lavardin*, près duquel les bâtiments qui veulent jeter l'ancre dans la rade de Chef-du-Bois sont obligés de passer ou même de mouiller. Il serait à désirer que l'on pût y construire un port pour pleine; mais elle serait d'une exécution difficile.

Il faudra entretenir un feu de port à la Rochelle.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

tour de Chassiron : feu fixe.

tour de Cordouan : feu tournant à huit lentilles.

La tour de Cordouan n'est qu'à 9 lieues $\frac{2}{3}$ de celle de Chassiron. La côte orientale de l'île d'Oléron située entre ces deux tours est inabordable. Les pêcheurs ont même grand soin de l'éviter. Tout bâtiment venant du large sera averti qu'il approche de cette côte dangereuse, quand il verra ces deux feux en même temps et qu'il aura le feu tournant à droite et le feu fixe à gauche. Lorsqu'il verra au contraire un feu tournant à sa gauche et un feu fixe à droite, le feu à éclipses sera celui de la tour des Baleines, et sa position lui indiquera d'entrer dans le pertuis d'Antioche. Il pourra même souvent apercevoir à la fois les trois phares dont on vient de parler. Ainsi, au moyen des différences différentes que l'on peut donner aux feux, l'espèce d'accumulation des phares qui a lieu sur cette partie de la côte, loin d'être nuisible, augmente au contraire les moyens de reconnaître sa position.

Le phare de la tour de Cordouan est principalement destiné à marquer l'embouchure de la Gironde; mais, après avoir doublé la tour, on est obligé, pour entrer en rivière, de passer près de la pointe de Grave, qui est très-basse et difficile à distinguer pendant la nuit. Un feu fixe du troisième ordre sera établi sur cette pointe pour la faire reconnaître.

Il y aura un feu de port sur les jetées de Royan.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Tour de Cordouan : feu tournant à huit lentilles.

Biarritz : feu tournant à seize demi-lentilles.

La distance de Cordouan à Biarritz, situé près de l'embouchure de la rivière de Bayonne, est de 42 lieues $\frac{2}{3}$ en latitude; ainsi il n'est pas à craindre qu'on risque de se tromper et de confondre ces deux feux, dont les éclats sont ailleurs deux fois plus fréquents dans l'un que dans l'autre. La navigation cap en cap est interrompue à l'embouchure de la Gironde, comme à l'entrée du port de Brest; mais les motifs sont différents: ce ne sont pas des rochers qui empêchent d'approcher la côte située entre Cordouan et Bayonne, mais la nature de la côte elle-même, qui est droite, sans aucun abri, et sur laquelle on serait infailliblement jeté, si, se trouvant à une petite distance de terre, on était surpris par des vents d'ouest, qui soufflent souvent et avec violence dans ces parages.

Le phare de Biarritz est celui qui donne aux bâtiments obligés de passer la nuit à l'entrée de la rivière de Bayonne le moyen de prendre une position favorable pour se présenter le lendemain à l'embouchure de la rivière, et recevoir les pilotes chargés de conduire les bâtiments dans l'Adour, ou apprendre d'eux, par des signaux, la route qu'il faut suivre pour franchir la barre, toutes les fois que le mauvais temps ne permet pas aux pilotes de se rendre à bord.

FEUX SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LA TOUR DE CORDOUAN ET BIARRITZ.

Un feu fixe du troisième ordre, placé à l'entrée du bassin d'Arcachon.

CÔTES DE LA MÉDITERRANÉE.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

cap Béarn, près de Port-Vendres : feu fixe.

fort Brescou ou *la butte d'Agde* : feu tournant à huit lentilles.

distance de ces deux phares est de 16 lieues, et la ligne qui pourrait être éclairée, de 18 lieues. Ainsi il est à présumer que l'on verra ordinairement la lumière de l'un de ces phares, lorsqu'on sera entre le cap Béarn et

feu du cap Béarn, indiquant l'entrée de Port-Vendres, sera d'un grand secours aux bâtiments qui seront obligés de rester au large pendant la nuit, et de pouvoir entrer dans ce port.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LE CAP BÉARN ET LE FORT BRESCOU.

Il sera peut-être nécessaire de marquer la passe de Port-Vendres par des feux de port ; il faudra, à cet égard, consulter les marins du lieu.

L'entrée de Collioure exigera peut-être un feu de port ; il en faudra un autre à l'entrée de la Nouvelle.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

fort Brescou ou *la butte d'Agde* : feu tournant à huit lentilles.

tour de Saint-Genest, aux bouches du Rhône : feu fixe.

distance du fort Brescou à la tour de Saint-Genest est de 17 lieues $\frac{2}{3}$, et la ligne qui pourrait être totalement éclairée, de 18 lieues. Ainsi cette distance est si près de la limite, que l'on sera exposé, pendant quelques instants, à perdre les deux phares de vue, lorsque l'atmosphère aura moins de transparence qu'à l'ordinaire.

PHARES SECONDAIRES ENTRE BRESCOU ET SAINT-GENEST.

Il y a, depuis très-longtemps, au port de Cette, une tour sur laquelle on

ne pourra pas être confondu avec le feu tournant du fort Brescou.

Un autre feu du troisième ordre, à courtes éclipses et de 1 mètre de diamètre, sera placé à Aigues-Mortes; il ne pourra jamais être pris pour le feu fixe de la tour de Saint-Genest, et aura encore une portée assez grande, même dans des circonstances défavorables, pour être vu des bâtiments qui suivent le long de la côte. Il n'est pas à craindre que le feu fixe du troisième ordre de Cette soit pris pour le feu fixe de Saint-Genest, parce que l'on ne verra jamais le feu de Cette sans apercevoir le feu tournant du fort Brescou.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

La tour de Saint-Genest, aux bouches du Rhône : feu fixe.

L'île Planier, devant Marseille : feu tournant à seize demi-lentilles.

La distance de ces phares est de 9 lieues, et la ligne qui pourrait être uniformément éclairée est de 16 lieues; ainsi, en allant des bouches du Rhône à Marseille, ou en faisant la route en sens contraire, on aura toujours en vue l'une ou l'autre de ces phares.

PHARES SECONDAIRES ENTRE L'ÎLE PLANIER ET SAINT-GENEST.

Un petit canal, qui conduit à l'étang de Berre et qui est à peu de distance de la tour de Saint-Genest, a reçu le nom de *Port-de-Bouc*; c'est le port de petites embarcations. Quoiqu'il n'y ait que très-peu d'eau, et qu'il ne reçoive que des petits bateaux ou de très-petits navires, il serait utile d'y établir un feu de port.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

L'île Planier : feu tournant à seize demi-lentilles.

Le cap Sicié : feu fixe.

La distance de ces deux phares est de 9 lieues $\frac{2}{3}$; l'étendue de la ligne qui pourrait être éclairée est de 16 lieues, et se trouve beaucoup plus grande.

Ce sont les deux phares les plus importants de la côte, parce qu'ils indiquent les ports les plus fréquentés de France sur la Méditerranée. Le premier

a eu, jusqu'à présent, aucun phare assez brillant pour donner au nombre de bâtiments de commerce richement chargés qui viennent à les moyens de pouvoir en toute sécurité prendre, pendant la nuit, l'age qui précède ce port. Ce n'est que depuis le moment où les travaux de la Commission des phares ont pu faire des progrès rapides que l'établissement d'un phare du premier ordre sur l'île Planier a été définitivement arrêté. La tour est actuellement en construction, et il y a lieu d'espérer que le commerce de Marseille jouira sous peu des grands avantages que ce phare procurera.

On connaît, entre les phares de l'île Planier et du cap Sicié, que le port de Marseille où il paraîsse nécessaire d'allumer un feu de port.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

Sicié : feu fixe.

Port de Camarat : feu tournant à huit lentilles.

La distance des feux est de 12 lieues, et la longueur de leurs portées est de 18 lieues.

On voit que l'on entretient depuis longtemps sur la tour de la jetée du port de Marseille un des moins faibles qui, jusqu'à présent, aient été établis sur les côtes de la Méditerranée. Non-seulement on avait négligé de s'occuper des besoins de la navigation générale de ces côtes, mais on n'avait pas même songé à établir quelques localités qui auraient dû fixer particulièrement l'attention sur un phare brillant, comme on vient de le voir, n'indiquait les approches de Marseille. La rade du port de Toulon, l'un des principaux sièges de la marine navale, n'était marquée par aucun phare ou feu qui en facilitât l'entrée pendant la nuit. Les réclamations récentes du commerce de Marseille, ont conduit à l'établissement d'un phare sur l'île Planier, prouvant que ces besoins avaient été sentis; et les lacunes qui subsistent à cet égard ne peuvent être comblées qu'à l'imperfection des moyens dont on a pu disposer jusqu'à présent et qui ne permettaient pas de multiplier les phares sans de grandes dépenses ou sans avoir à craindre les dangers des méprises occasionnées par des lumières de même apparence, trop rapprochées les unes des autres.

grande variété d'aspects, a fait disparaître des obstacles qui, jusqu'à présent, avaient pu être surmontés. Désormais les côtes de la Méditerranée seront éclairées d'un bout à l'autre, comme celles de l'Océan. Les navigateurs de ces mers n'oublieront jamais qu'ils doivent un bienfait si digne de toute leur reconnaissance aux encouragements éclairés que M. le Directeur général des ponts et chaussées a donnés aux travaux de la Commission des phares, ainsi qu'aux succès des recherches de M. Fresnel, à qui est due l'invention des appareils lenticulaires, et de M. Arago, qui est parvenu, de concert avec cet habile ingénieur, à augmenter l'intensité de la lumière des lampes beaucoup plus qu'on ne l'avait fait jusqu'à présent.

PHARES SECONDAIRES SITUÉS ENTRE LE CAP SICIÉ ET LA TOUR DE CAMARAT.

La rade de Toulon et celle des îles d'Hyères, qui se trouvent entre le cap Sicié et la tour de Camarat et sont très-fréquentées par les plus grands vaisseaux de guerre et les bâtiments marchands, ont obligé de multiplier les feux secondaires dans cette partie de la côte, comme on l'a fait à l'entrée de Brest à l'embouchure de la Loire.

Un feu fixe du troisième ordre, placé au cap Sepet, indiquera l'entrée de la rade de Toulon. .

La grande passe de la rade des îles d'Hyères, qui est entre l'île Porquerolles et l'île Port-Cros, sera indiquée par un feu à courtes éclipses, placé très-près, dans le nord, de la pointe voisine des îles Seraignet.

Un second feu fixe du troisième ordre sera établi vers l'extrémité orientale de l'île du Levant ou des Titans, de manière qu'après avoir pris connaissance de ce feu, en venant de l'est, pour passer entre les îles et la terre, on puisse, sans crainte, faire route pour le mouillage, dès qu'on aura vu le feu de la pointe orientale de Porquerolles au large de la côte nord de l'île Port-Cros.

PHARES DU PREMIER ORDRE.

La tour de Camarat : feu tournant à huit lentilles.

La Garoupe : feu fixe.

La ligne éclairée pourrait être de 18 lieues, et la distance qui sépare les

rdra jamais la lumière de vue; la plupart du temps même, le feu de
pourra être vu de la Garoupe.

entre ces deux phares aucun port très-remarquable: on ne propose
conséquence, d'y établir d'autres feux.

le 9 septembre 1825.

Le Contre-amiral honoraire, Rapporteur de la Commission des phares ,

ROSSEL.

AVIS

DE LA COMMISSION DES PHARES.

La Commission des phares a entendu avec le plus vif intérêt la lecture du rapport de M. le contre-amiral de Rossel. Après avoir examiné attentivement les propositions proposées dans cet important mémoire, elle les a toutes adoptées, n'en étant les plus propres à satisfaire aux besoins de la navigation et à établir entre les feux la diversité nécessaire pour empêcher de les confondre.

En donnant son approbation au beau travail de M. de Rossel, elle prie ce savant marin de recevoir ses remerciements, et croit pouvoir y joindre par avance ceux des navigateurs, pour le service important qu'il vient de leur rendre, service dont ils seront bientôt à même d'apprécier toute l'étendue.

Paris, le 9 septembre 1825.

Signé : L. BECQUEY, Directeur général des ponts et chaussées et des mines, président la Commission; E. HALGAN, Contre-amiral; DE PRONY, Inspecteur général des ponts et chaussées; ARAGO, de l'Académie des sciences; SCAVZIN, Inspecteur général des ponts et chaussées; ROLLAND, Inspecteur général des constructions navales; TARDÉ DE VAUX-CLAIRS, Inspecteur général des ponts et chaussées; MATHIEU, de l'Académie des sciences; FRESNEL, Secrétaire de la Commission.

N° XX (C).

TAB LEAU

A DISTRIBUTION GÉNÉRALE DES FEUX SUR LES CÔTES DE FRANCE.

marqué d'un astérisque chacun des phares existants, et d'un double astérisque le seul phare établi jusqu'à présent d'après le nouveau système.

PHARES du PREMIER ORDRE.	PHARES du DEUXIÈME ORDRE.	PHARES du TROISIÈME ORDRE.	FEUX DE PORT.
CÔTES DE LA MANCHE.			
<i>alais</i> : feu tournant, seize demi-lentilles. <i>s-Nez</i> : feu fixe.		* <i>Dunkerque</i> : feu à courtes éclipses. <i>Gravelines</i> : feu fixe.	Dunkerque.
<i>lly</i> : feu tournant, uit lentilles.		* <i>Cayeux</i> , à l'entrée de la Somme : feu à courtes éclipses. * <i>Dieppe</i> : feu fixe.	Boulogne. Étaples. L'Authie.
<i>d'Antifer</i> : feu fixe. <i>à Hève</i> : deux feux ixes.			Saint-Valery-en-Caux. Fécamp.
<i>rfleur</i> : feu tour- nant, seize demi- lentilles.		* <i>Honfleur</i> : feu fixe. <i>Embouchure de l'Orne</i> : feu à courtes éclipses.	Le Havre. Honfleur. La Hougue.
<i>la Hague</i> : feu fixe.	<i>Cap Carteret</i> : feu tour- nant, seize demi- lentilles.		Cherbourg.

NUMÉROS	PHARES	PHARES	PHARES	FEUX DE PORT.
	du PREMIER ORDRE.	du DEUXIÈME ORDRE.	du TROISIÈME ORDRE.	

CÔTES DE LA MANCHE (SUITE).

		<i>Granville</i> : feu fixe d'un mètre. Sur le fort de la Conchée ou sur l'une des autres îles situées devant la rade de Saint-Malo : feu à courtes éclipses.	
8	* <i>Cap Fréhel</i> : feu tournant, seize demi-lentilles.		Saint-Malo.
9	<i>Bréhat</i> : feu fixe.		Entrée de Saint-Brieuc.
10	<i>L'île de Bas</i> : feu tournant, huit lentilles.		Morlaix.

CÔTES DE L'OcéAN.

11	* <i>Ouessant</i> : feu fixe.	<i>Saint-Mathieu</i> : feu tournant, seize demi-lentilles. <i>L'île de Sein</i> : feu à courtes éclipses.	
12	<i>Bec du Ras</i> : feu fixe.		Audierne.
13	<i>Penmarc'h</i> : feu tournant, seize demi-lentilles.	<i>L'île de Penfret</i> , faisant partie des Glénans : feu à courtes éclipses.	Loctudy. Rivière de Quimper. Concarneau.
14	<i>L'île de Groix</i> , au fort de la Croix : feu fixe.		Port-Louis. Rivière de Crac'h. Entrée du Morbihan. L'île d'Hoëdic, à la pointe nord-est. Penerf.

du PREMIER ORDRE.	du DEUXIÈME ORDRE.	du TROISIÈME ORDRE.	FEUX DE PORT.
----------------------	-----------------------	------------------------	---------------

CÔTES DE L'OcéAN (suite).

<i>de-Jte</i> , au Goulfart : feu tournant, huit lentilles.	<i>Le Four</i> : feu tournant, seize demi-lentilles.	<i>Tours d'Aiguillon</i> : deux feux fixes.	
<i>de Dieu</i> , sur la tour Saint-Sauveur : feu fixe.	<i>Le Pilier</i> : feu à courtes éclipses.	<i>* Les Sables</i> : feu à courtes éclipses.	Saint-Gilles.
<i>Tour des Baleines</i> : feu tournant, seize demi-lentilles.			Saint-Martin. Le Lavardin. (Tour d'une exécution dif- ficile.) La Rochelle.
<i>Tour de Chassiron</i> : feu fixe.			Île d'Aix.
<i>Tour de Cordouan</i> : feu tournant, huit lentilles.		<i>Pointe de Grave</i> : feu fixe. <i>Bassin d'Arcachon</i> : feu fixe.	Royan.
<i>arritz</i> : feu tournant, seize demi-lentilles.			Socoa, près S ^t -Jean- de-Luz.

CÔTES DE LA MÉDITERRANÉE.

<i>cap Béarn</i> , près de Port-Vendres : feu fixe.			Port-Vendres. Collioure. Fort de la Nouvelle.
---	--	--	---

PHARES du PREMIER ORDRE.	PHARES du DEUXIÈME ORDRE.	PHARES du TROISIÈME ORDRE.	FEUX DE PORT.
CÔTES DE LA MÉDITERRANÉE (SUITE).			
<i>Le fort Brescou ou la butte d'Agde : feu tournant, huit lentilles.</i>		<i>* Cette : feu fixe. Aigues-Mortes : feu à courtes éclipses.</i>	
<i>Tour de Saint-Genest : feu fixe.</i>			Port-de-Bouc ou Martigues.
<i>L'île Planier : feu tournant, seize demi-lentilles.</i>			Marseille.
<i>Le cap Sicié : feu fixe.</i>			Cap Sepet.
		<i>Île de Porquerolles, à la pointe voisine des îles Seraignet : feu à courtes éclipses.</i>	
<i>Le cap Camarat : feu tournant, huit lentilles.</i>		<i>Île du Levant, extrémité orientale : feu fixe.</i>	
<i>La Garoupe : feu fixe.</i>			

en que les bases principales de ce projet aient été maintenues dans l'exécution, il a reçu toutefois, par des enquêtes, de très-larges développements, sommairement indiqués dans l'Introduction, à la Section des s.]

CIRCULAIRE

ADRESSÉE

PAR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

AUX PRÉFETS DES DÉPARTEMENTS MARITIMES ^(*).

Paris, le 2 juin 1826.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser exemplaires du rapport de M. le contre-amiral de Rossel, contenant l'exposition du système adopté par la Commission des phares pour éclairer les côtes de France. Ce rapport de ces côtes, jointe au mémoire, présente l'indication de la nature et de l'emplacement de chacun des phares du premier, du deuxième et du troisième ordre : on n'y a pas marqué les feux de port, dont le nombre n'est pas limité et pourra être augmenté autant que les besoins de la navigation l'exigent.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de vouloir bien distribuer ces exemplaires aux officiers de port, aux marins et aux fonctionnaires que vous jugerez les plus susceptibles de donner des avis utiles et des renseignements précis sur les besoins de la navigation maritime dans votre département. J'en adresse directement des exemplaires aux ingénieurs et aux chambres de commerce. J'en ai remis à Son Exc. le Ministre de la marine un nombre d'exemplaires suffisant pour être distribué aux officiers de la marine royale, aux chefs d'administration des ports, aux capitaines de commerce et aux écoles d'hydrographie.

Les moyens d'éclairage adoptés par la Commission des phares ont été le résultat de nombreuses expériences, qui ont démontré leur supériorité. Le système général de la distribution sur nos côtes des feux très-variés qu'ils ont été l'objet d'une discussion approfondie. Toutes les parties du

voir l'Annuaire du corps des ponts et chaussées pour 1827, p. 248.

... (5).
nier ou du deuxième ordre en nécessiterait beaucoup d'autres, tant pour
server entre les feux la diversité qui doit empêcher de les confondre, que pour
obtenir un juste rapport entre leurs intensités et leurs distances respectives.
tefois, j'ai pensé que, au moment où ce système venait de recevoir un com-
encement d'exécution, il pourrait être avantageux pour son perfectionnement
de faire connaître au public et surtout aux marins : ce nouvel examen
erra provoquer d'utiles observations, et procurer de nouveaux renseigne-
ts, dont la Commission des phares s'empressera de profiter.

Je présume que les modifications utiles se borneront à l'addition de quel-
s phares du troisième ordre sur des points de la côte dont les besoins par-
liers ou les avantages maritimes, comme lieux de refuge, ont pu n'être
entièrément connus de la Commission. Dans le Rapport de M. de Rossel,
provoque elle-même la demande de tous les feux de port qui seraient re-
nus nécessaires.

Je vous prie de recueillir les avis des marins qui auront lu le mémoire de
de Rossel, en leur recommandant de ne pas perdre de vue l'ensemble du
système, s'ils veulent y apporter quelques modifications; car il pourrait se faire
frappés de certains intérêts locaux, ils demandassent, en faveur du cabo-
, des changements désavantageux à la grande navigation.

Veuillez bien, Monsieur le Préfet, soumettre leurs observations à un examen
digne, et me les adresser avec votre avis et celui que vous aura donné
l'ingénieur en chef. Je vous prie aussi de m'accuser réception de la pré-

e.

FANAUx CATADIOPTRIQUES

À RÉFLEXION TOTALE.

N° XXI (A).

NOTICE DE L'ÉDITEUR

SUR LES APPAREILS CATADIOPTRIQUES

D'AUGUSTIN FRESNEL.

Parmi les nombreuses lacunes que présentent les écrits d'Augustin Fresnel relatifs à son Nouveau système de phares, nous avons déjà signalé, comme la plus notable, l'absence de tout mémoire descriptif de ses *appareils catadioptriques à réflexion totale*. Un croquis, deux épreuves, des minutes de calculs entremêlés de rares et courtes observations, trois Notes concernant l'essai de petits fanaux de cette espèce, plus quelques pièces de comptabilité et de correspondance, tels sont les seuls renseignements que fournissent les papiers de cet auteur sur la féconde et dernière invention qui a si heureusement couronné son œuvre. Nous nous sommes ainsi trouvé dans la nécessité de faire précéder d'une Notice explicative le peu que nous pouvions utilement reprocher de ce qu'il a laissé sur un sujet d'un si haut intérêt. De là sont résultées des répétitions de plusieurs passages de notre Introduction; mais ces redites devenaient presque inévitables dans une publication posthume de pièces décollées, qu'il fallait accompagner de quelques commentaires pour ne pas trop multiplier les renvois.

tion des fanaux catadioptriques à réflexion totale date de 1825. provoquée par le comte Chabrol de Volvic, alors préfet de la Seine, témoigné à Augustin Fresnel le désir d'appliquer à l'éclairage des canal Saint-Martin des appareils d'un effet plus puissant que celui des lanternes ordinaires de ville.

d'éclairer une voie publique par des feux d'un vif éclat, et que l'on en conséquence assez largement espacés, prêtait sans doute à de sérieuses objections. On n'en trouve toutefois nulle trace dans la correspondance de notre époque, ce qui semblerait ainsi avoir accepté, sans les discuter, les données de ce système, et d'autant plus facilement, peut-être, que l'étude qui lui était consacrée se rattachait à un autre problème, sous quelques rapports plus importants, dont la Commission des phares allait avoir à s'occuper pour l'amélioration de l'éclairage des entrées de ports maritimes.

Le rôle des appareils du canal Saint-Martin pouvait être occupé par un système de lampe d'Argent, ou par un bec à gaz d'effet équivalent. Le système optique se trouvait d'ailleurs déjà résolu, dans le système lenticulaire, pour la partie principale, à laquelle s'appliquait très-bien un tambour à rayons échelonné, de 20 à 25 centimètres de diamètre. Quant à la partie inférieure, qui devait recueillir et utiliser les rayons focaux divergeant au-dessous du tambour central, sa composition semblait, au premier abord, présenter de graves difficultés. Les combinaisons diacatoptriques ou catoptriques de cette partie des grands appareils de phares devenaient en effet pratiquement inapplicables à d'aussi petits fanaux. Une disposition nouvelle était donc à imaginer. Il est probable au surplus que sans cela on n'aurait pas demandé de bien longues méditations à un esprit aussi inventif que celui de Fresnel. Il sera sans doute assez promptement parvenu à l'idée de remplacer la *réflexion spéculaire* par la *réflexion totale*, c'est-à-dire, en d'autres termes, de substituer aux cours de *miroirs étamés*, plans ou courbes, des *prismes* ou *anneaux de verre catadioptriques*.

Pour le nouveau système, le profil méridien des prismes ou anneaux devait être déterminé d'après la double condition que les rayons focaux

ère mixtiligne, ayant le côté intérieur, ou d'incidence, en arc de cercle déterminé du foyer comme centre, le côté extérieur perpendiculaire à la direction d'émergence, le côté réflecteur en courbe déterminée par la condition de la réflexion des rayons lumineux perpendiculairement au côté extérieur, et le quatrième côté rectiligne.

D'après cette disposition, les rayons focaux n'eussent éprouvé de déviation à l'entrée, ni à la sortie du verre, ce qui simplifiait les calculs. Mais, outre que la coupole prenait trop d'élévation, la taille exacte des anneaux à quatre faces présentait beaucoup de difficultés, et il est à croire que cette double condition aura déterminé l'adoption du profil triangulaire des planches XII et XIII.

Comme il ne s'agissait que d'éclairer la ligne des quais et le canal, le système optique pouvait être réduit à une demi-circonférence, sauf l'addition d'un miroir concave à courbure sphérique pour renvoyer au foyer les rayons lumineux divergeant dans l'hémisphère extérieur. Mais, eu égard à l'espacement des faisceaux, il devenait nécessaire de renforcer leur éclat dans la direction longitudinale. A cet effet, l'appareil a été complété de deux oreilles ou joues, formées chacune d'une demi-lentille échelonnée, dont les éléments, se raccordant avec ceux de la partie antérieure, ont été engendrés par la révolution de la section méridienne autour de son axe équatorial.

Il est enfin à remarquer que, pour un éclairage de ce genre, les rayons projetés ne devaient pas, comme à la mer, être resserrés dans une zone horizontale, et qu'il fallait tenir compte dans la taille, ou dans le montage des appareils, de la nécessité de produire une suffisante diffusion de la lumière émergente.

Le problème se trouvait ainsi complètement résolu, quant aux combinaisons optiques.

Restaient à surmonter les difficultés d'exécution.

On conçoit qu'elles se présentaient d'autant plus ardues, que la forme *polyédrique*, admise aux débuts de la fabrication des grands appareils lenticulaires, pouvait plus l'être sur une aussi petite échelle. Il devenait indispensable,

aux fanaux fussent exécutés dans la forme normale, c'est-à-dire

et pas ici le lieu de nous étendre sur les longs et pénibles efforts que Fresnel la réalisation de son ingénieuse conception. Qu'il nous suffise de dire, malgré le déplorable état d'épuisement où il se trouvait déjà, qu'il aborda courageusement l'organisation en régie de cette fabrication.

À l' commencement de 1827, quatre petits appareils catadioptriques de 1 mètre de diamètre intérieur se trouvaient exécutés, mais ils ne furent mis à l'essai, sur les quais du canal Saint-Martin, qu'après la mort de l'inventeur.

Comme nous venons de le faire pressentir, le résultat fut peu satisfaisant, à cause de la vue des conditions spéciales à remplir. Ce n'était pas en effet avec des feux de lumière espacés à 75 ou 80 mètres qu'on pouvait convenablement éclairer une des plus larges voies de la capitale, quel que fût d'ailleurs le système employé. Mais si ces ingénieux appareils ne répondaient qu'imparfaitement à leur destination, ils offraient évidemment, dans leur partie antérieure, une disposition la plus heureuse pour les fanaux d'entrée de port. Aussi ne put-on pas plus tôt arrêter le projet des fanaux catadioptriques du canal Saint-Martin, qu'il s'occupa de l'application du même système à l'éclairage

II

Conditions auxquelles doivent satisfaire les fanaux d'entrée de port. Elles sont généralement assez simples. Il suffit d'ordinaire qu'ils projettent uniformément sur l'horizon, dans l'espace angulaire à éclairer, une lumière fixe et d'intensité facile à apercevoir, en temps non brumeux, à la distance de 100 mètres. Sous ce dernier rapport, et eu égard au volume de la lumière locale, il parut nécessaire d'augmenter les dimensions de l'appareil. Le diamètre fut en conséquence porté à 30 centimètres.

Après cette donnée principale qu'ont été calculés les éléments optiques du fanal de quatrième ordre figuré sur la planche XIII.

En ces circonstances ordinaires, où l'on n'a pas à éclairer plus des trois

le réservoir d'une lampe à niveau constant.

Pour le cas exceptionnel où l'horizon entier doit être éclairé, on peut recourir à l'emploi d'une lampe mécanique de Carcel, ou d'une lampe hydrostatique portée par un plateau glissant verticalement le long de tringles directrices.

L'inventeur put à peine faire commencer en régie la taille des verres d'un premier fanal d'entrée de port. Le temps et les forces lui firent également défaut pour appliquer cette nouvelle conception aux phares des ordres supérieurs. On a toutefois lieu de s'étonner qu'il n'ait laissé aucune note à ce sujet. Très-probablement il aura été arrêté, dès l'abord, par la considération du fort accroissement de dépense que devait nécessiter la substitution des verres prismatiques de verre aux miroirs étamés, et il aura cru devoir attendre, pour introduire cette amélioration capitale dans ses grands appareils, qu'une meilleure situation financière permît de relâcher un peu les entraves que lui imposait la pénurie du budget des phares.

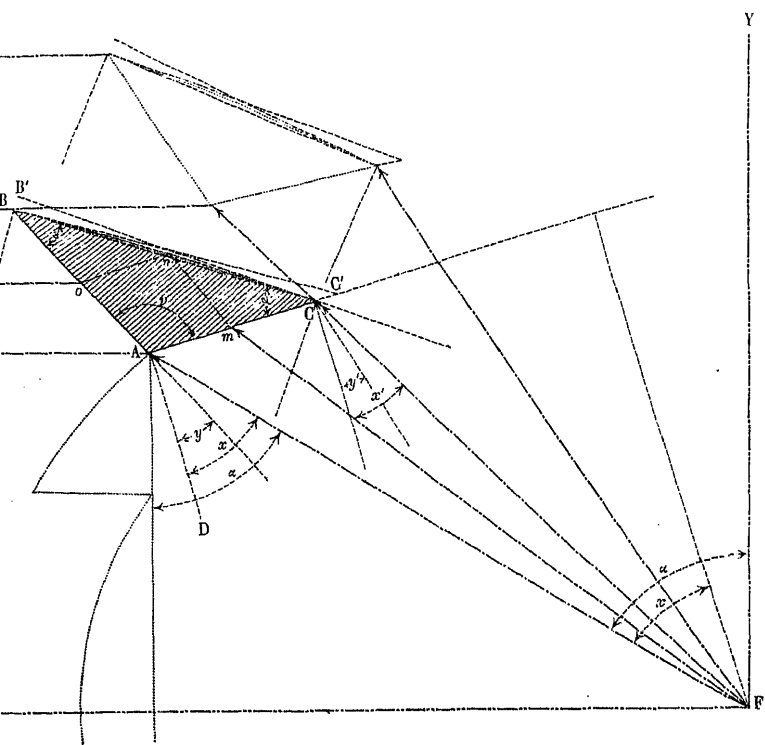
III

Les calculs d'Augustin Fresnel relatifs à ses appareils catadioptriques à réflexion totale ne sont pas accompagnés des équations générales auxquelles conduit la solution directe du problème, et se réduisent à des approximations successives obtenues à l'aide des premières équations de condition. Le petit nombre d'observations qui s'y trouvent intercalées ne nous ont pas paru suffire, à l'exception d'une seule, assez développées pour être utilement reproduites.

Comme cette dernière partie de notre publication a plutôt pour objet l'histoire de l'invention du Nouveau système de phares que ses applications diverses, nous croyons devoir nous borner ici, en l'absence d'un texte de notre auteur, à quelques indications sommaires sur les données et la solution du problème physico-géométrique dont il s'agit.

Soit ABC la section méridienne du premier anneau prismatique d'une tour catadioptrique surmontant un tambour dioptrique illuminé par la

ce AB, on reconnaîtra, à l'inspection de la figure :



Un tout rayon incident Fm , après une première réfraction à sa rencontre avec AC , devra être réfléchi en n parallèlement à ce même côté, puis au point d'émergence o suivant une direction oP , parallèle au plan principal de l'appareil; et qu'ainsi, aux deux limites, le rayon focal inférieure la ligne brisée $FABQ$, et le rayon supérieur, la trajectoire $FCAR$; et le côté réflecteur BnC doit être une courbe concave à l'intérieur, la tangente extrême en B formera la base du triangle isocèle ABC' .

En raison des petites dimensions de la section mixtiligne $ABnC$ relativement à la distance focale, la courbe BnC se confondra, à très-peu près, avec l'arc déterminé par les deux tangentes extrêmes BC' et CB' , et en conséquence on pourra, sans perte appréciable d'effet utile, substituer cet arc de la courbe théorique, dont la taille exacte serait pratiquement inexé-

Le premier problème à résoudre consiste à calculer les directions des côtes rectilignes AB et AC, ou l'angle d'incidence FAD, de la valeur duquel elles se suivent immédiatement. Mais une donnée est encore nécessaire pour ce calcul, et ce sera, selon les circonstances, l'un des deux côtés rectilignes du profil générateur ABnC, ou l'ouverture angulaire AFC.

Cela posé, si l'on désigne par x l'angle d'incidence au point A, par y l'angle réfracté correspondant, par α l'angle compris entre le premier rayon incident et l'axe vertical FY de l'appareil, et par r l'indice de réfraction du verre à employer, on a, pour déterminer x et y , les deux relations :

$$(a) \quad \sin \alpha = r \sin y;$$

$$(b) \quad y = 2x - \alpha.$$

Éliminant y , on arrive à l'équation

$$\sin^4 x - \frac{1}{r} \sin \alpha \sin^3 x - \left(\frac{4r^2 - 1}{4r^2} \right) \sin^2 x + \frac{1}{2r} \sin \alpha \sin x + \frac{1}{4} \sin^2 \alpha = 0.$$

Cette équation n'est utilement applicable qu'aux vérifications; mais on arrive assez promptement à déterminer, à quelques secondes près, la valeur de x , en partant d'une première valeur approchée, et procédant par voie de fausses positions, à l'aide des deux équations (a) et (b).

Par la valeur ainsi trouvée de l'angle x se trouvent déterminées les deux directions AB et AC; la longueur AC étant d'ailleurs donnée, il ne s'agit plus, pour compléter le tracé du triangle rectiligne ABC, que de calculer l'un des deux angles ACB ou ABC.

Les relations entre les trois angles de ce triangle résultent : 1° des directions des tangentes extrêmes BC' et CB', également inclinées sur la corde BC; 2° de la valeur des angles x' et y' d'incidence et de réfraction au point C. De ces relations se déduit l'angle ACB, qui détermine la position du sommet B et, par suite, le tracé des deux tangentes BC' et CB'.

Enfin, des positions calculées des deux tangentes extrêmes on déduit la longueur du rayon, ainsi que les coordonnées du centre de courbure de l'arc FG, ce qui complète les données nécessaires au tracé de la section générale du premier anneau prismatique.

La partie supérieure de la figure indique suffisamment comment du profil du premier anneau on passe au tracé des suivants; mais nous devons consi-

le de ces pièces optiques :

difficulté de roder [le verre] en ligne droite m'a décidé, dit-il, de substituer des arcs de cercle très-plats aux arêtes des deux cônes intérieur et extérieur de chaque anneau. J'ai pris 800 millimètres pour le rayon commun de tous ces arcs de cercle. Ils sont convexes sur la face intérieure et concaves sur la face extérieure, en sorte que la divergence des rayons lumineux produite par la première est à peu près compensée par la petite divergence que produit la seconde. Les données ci-dessus déterminent les coordonnées des centres de courbure rapportées à l'axe et aux plans horizontaux passant par les extrêmes des anneaux. En me servant des mots *au-dessus* et *en dessous*, j'ai supposé ces anneaux renversés, c'est-à-dire tournés de telle sorte qu'ils le sont quand on exécute les deux plus petites faces. »

IV

Les explications qui précèdent peuvent nous dispenser de produire des figures détaillées pour les planches XI, XII et XIII, que nous avons dressées d'après les dessins originaux de notre auteur.

La planche XII, qui au premier aspect paraît un peu confuse, est le *fac-similé* d'une double étude pour les appareils originairement destinés à l'éclairage des quais du canal Saint-Martin.

La première étude présente un système optique disposé comme il suit :

La partie dioptrique antérieure comprend un *demi-manchon* central de 12 millimètres de diamètre, à profil lenticulaire, surmonté de deux demi-coupes à section triangulaire.

La demi-coupole est formée de cinq demi-anneaux catadioptriques dont le foyer est à 12 millimètres au-dessus de celui de la pièce centrale.

La partie dioptrique des *joues lenticulaires* se compose de trois éléments optiques ; la partie catadioptrique ne comprend que quatre segments de cercle, attendu que leur excentricité par rapport à la partie dioptrique a exigé le retranchement du cinquième.

4° Un réflecteur conique, à courbure sphérique, à six marques pour renvoyer au centre de l'appareil les rayons focaux divergeant dans l'hémisphère postérieur.

La seconde étude, qui seule a été mise à exécution, reproduit les dispositions de la première avec les différences suivantes :

1° Le diamètre intérieur a été, comme nous l'avons dit, réduit à 20 centimètres.

2° Dans la partie dioptrique antérieure le manchon central est placé entre deux demi-anneaux à section prismatique, et le côté intérieur du triangle générateur de la pièce supérieure est légèrement incliné en dehors.

3° Les éléments catadioptriques ne sont qu'au nombre de quatre pour la demi-coupole, et de trois pour les joues.

L'appareil catadioptrique de quatrième ordre dont la section méridienne est figurée sur la planche XIII offre des dispositions plus simples et plus régulières.

Il comprend :

1° Un tambour dioptrique divisé en cinq zones annulaires;

2° Une coupole de cinq anneaux catadioptriques ayant même foyer que la partie dioptrique;

3° Trois anneaux catadioptriques inférieurs, dont les foyers, eu égard à l'occultation du bec de lampe, sont respectivement placés à 6, 10 et 15 millimètres au-dessus du foyer principal.

Il est presque superflu de faire observer que la disposition ovoïde n'est applicable qu'aux petits appareils, dont le service se fait extérieurement. Pour les phares, dans l'intérieur desquels il est nécessaire que l'on puisse pénétrer, les pièces catadioptriques de la section inférieure doivent être échelonnées verticalement.

DÉTAIL ESTIMATIF D'UN RÉVERBÈRE CATADIOPTRIQUE

[DE 0^m,20 DE DIAMÈTRE INTÉRIEUR]

POUR L'ÉCLAIRAGE DES QUAIS DU CANAL SAINT-MARTIN ⁽¹⁾.

s réfléchissants :

		cent.			
segments.	{	Largeur ou corde.....	35,4	}	cent. c.
		Hauteur ou flèche $12^{\circ} \times \frac{3}{2}$	18,0		637
prise entre les deux segments.	{	Largeur..	8,0	}	96
		Hauteur..	12,0		
					733
multiplier cette projection par 2.....					2
					1,466
cylindrique d'un rayon moyen de 14 centimètres :					
$\frac{1}{2}$ circonférence + 6.....			50,0	}	600
Hauteur.....			12,0		
ficie totale (pour une face seulement).....					2,066
à 0 ^f ,18 ^c par centimètre carré.....					0,18
Pour le réflecteur de cuivre plaqué.....					28, 12
Total pour la partie optique.....					400 ^f ,00 ^c
Bec à gaz et armature du réverbère.....					50, 00
Lanterne de cuivre.....					100, 00
TOTAL.....					550 ^f ,00 ^c

absence de toute notice d'Augustin Fresnel sur ses *fanaux catadioptriques à ré-*
flexion, nous avons cru devoir reproduire, à titre de renseignement historique, cette
évaluation approximative, d'après une minute autographe signée et datée. — On
voit qu'il n'y est fait nulle mention d'*oreilles* ou *lentilles latérales*, d'où l'on peut in-

Il paraît donc, d'après ce calcul sommaire, que le prix de chaque verrière n'excédera pas 600 francs.

Le 27 janvier 1826.

A. FRESNEL.

er que, à l'époque du 27 janvier 1826, l'inventeur n'avait pas encore songé à recourir à l'emploi de ces pièces additionnelles. Mais, dans une évaluation subséquente (crayonnée au verso du second feuillet de la première), les oreilles sont comptées, et le prix du petit fanal trouve porté de 550 à 650 francs.

EXPÉRIENCES

DES PETITS FANEAUX CATADIOPTRIQUES

DESTINÉS À L'ÉCLAIRAGE DES QUAIS DU CANAL SAINT-MARTIN ^(a).

N° XXI (C)¹.

EXPÉRIENCE PHOTOMÉTRIQUE FAITE PAR A. FRESNEL,

LE 23 DÉCEMBRE 1826.

Le petit réverbère était illuminé par la lampe de Carcel en plein effet, et les intensités de lumière ont été mesurées avec mon quinquet, en plein effet, et qui donne alors un peu plus de lumière que la lampe de Carcel, parce que son bec est plus gros.

Le quinquet de gauche, qui était la mieux posée, a donné une lumière trente-quatre fois celle du grand quinquet : pour cette expérience on la demi-lentille, dont le feu était beaucoup plus plongeant, donnait peu de lumière. J'ai cherché le maximum de clarté.

Le quinquet de droite n'a donné pour son maximum que 29,63, c'est-à-dire environ trente forts becs de quinquet.

Les petits appareils de 20 centimètres de diamètre dont il s'agit ici avaient été construits en régie, dans l'atelier de M. Touzé, opticien, par M. Tabouret, conducteur des ponts et chaussées, attaché au service central des phares. Quatre appareils de cette espèce furent terminés dans le courant de juin 1827, peu avant la mort de Fresnel. (Voyez l'Annuaire de 1828, page XII.)

gale à 6, 5, c'est-à-dire à six becs et demi. Il faut remarquer que les anneaux des différents étages envoyant des feux diversement plongeants, le maximum n'est pas égal à la somme de ce que tous les anneaux produisent séparément.

L'anneau réfractant n° 2 vaut un peu plus d'un bec.

Le plus grand anneau réfléchissant, celui qui vient immédiatement au-dessus, donnait sensiblement autant de lumière que le quinquet.

Le dernier des anneaux réfléchissants, c'est-à-dire le plus petit, équivalait à peu près à un quart de bec.

En couvrant tous les anneaux réfléchissants, j'ai trouvé, pour les deux anneaux réfractants, 5,4.

N° XXI (C) ².

EXPÉRIENCE SUR LE CÔNE DE LUMIÈRE

PRODUIT PAR L'OREILLE DU FANAL CATADIOPTRIQUE

DESTINÉ AU CANAL SAINT-MARTIN ^(b).

[31 janvier 1827.]

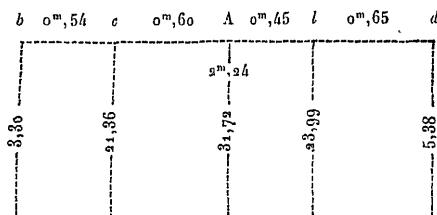
Ce fanal était éclairé par la lampe de Carcel, dont la flamme était bien développée, quoique sans excès. Le grand quinquet a servi d'*unité de lumière*, comme dans les expériences précédentes.

Dans la direction de l'axe ou du maximum de lumière.		DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS.
	Fanal.	7 ^m ,04...	31,72
	Grand quinquet.	1 ^m ,25...	[1,00]

^(a) C'est-à-dire le système des anneaux catadioptriques disposés en demi-coupole à la partie supérieure de l'appareil.

^(b) Ces oreilles ou joues, formées par deux lentilles catadioptriques, avaient pour objet de projeter deux faisceaux de lumière dans le sens longitudinal. (V. la Notice de l'éditeur, I.)

ait à 9 degrés de l'axe (?).



ique le point d'où la demi-lentille paraissait le mieux éclairée.
d sont d'autres points d'observation pris à différentes distances
 imum. Au point *d*, en perdant les rayons de l'oreille, on com-
 t à recevoir ceux de la barre de feu.

		DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS.
<i>b</i>	Fanal	7 ^m ,29	3,30
	Quinquet	4 ^m ,01	
<i>c</i>	Fanal	7 ^m ,21	21,36
	Quinquet	1 ^m ,56	
Maximum. <i>A</i>	Fanal	7 ^m ,04	31,72
	Quinquet	1 ^m ,25	
<i>l</i>	Fanal	7 ^m ,20	23,99
	Quinquet	1 ^m ,47	
<i>d</i>	Fanal	7 ^m ,24	5,385
	Quinquet	3 ^m ,12	

NOTE

PUR L'ESSAI DES FANAUx CATADIOPTRIQUES À RÉFLEXION TOTALE DESTINÉS À L'ÉCLAIRAGE DES QUAIS DU CANAL SAINT-MARTIN ^(a).

[Ville-d'Avray, fin du mois de juin 1827.]

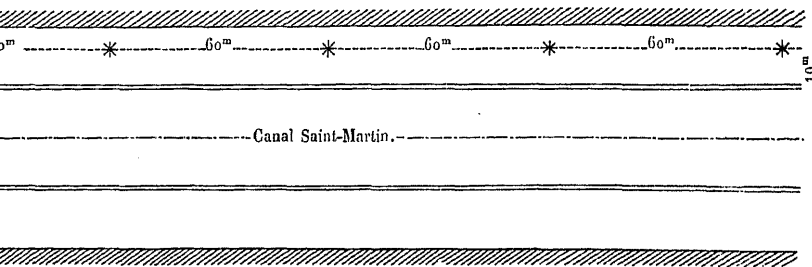
Faire l'essai des réverbères de M. le Préfet sur le canal Saint-Martin, en employant des lampes au lieu de gaz. Il faut que le calibre des becs soit égal à celui de ma lampe de Carcel, à peu près, et que les lampes soient aussi bonnes que celles des petits réflecteurs de . Pixii, dont les flammes se soutiennent fort bien.

^(a) Cette Note, tracée au crayon, avec une netteté remarquable, sur un agenda de Léonor Esnel, est le *dernier écrit* de son frère. C'est aussi la dernière, et presque la seule instruction que l'état d'épuisement où se trouvait réduit Augustin lui ait permis de donner à l'ad-
tant trop tardivement appelé à le seconder dans la direction du service des phares.

L'essai qui fait l'objet de la présente Note, de la fin de juin 1827, fut retardé jusqu'au
mois de septembre suivant par la mort d'Augustin, arrivée le 14 juillet.

La supériorité d'effet utile et économique des fanaux catadioptriques comparés aux meilleurs réverbères de ville avait été suffisamment constatée par des expériences photométriques ;
mais les nouveaux appareils ne répondaient pas aux conditions de l'éclairage urbain.
Ainsi que nous l'avons fait observer dans notre Introduction, ils satisfaisaient beaucoup
peu au programme des phares qu'aux exigences de l'éclairage du canal Saint-Martin,
l'administration municipale dut renoncer à sacrifier à des considérations d'économie
l'avantage d'obtenir, à l'aide de foyers moins puissants, mais plus rapprochés, une distribution moins inégale de lumière.

ut placer sur le même quai, à la suite les uns des autres.



s avoir fait cet essai sur le canal Saint-Martin, on pourrait
les mêmes appareils sur les boulevards.
nder à M. Verneur l'autorisation de faire cette expérience . . .

ut ces mots, de la main de Léonor Fresnel :

mir M. Verneur et M. le Préfet de l'état de santé d'Augustin. »]

EXPÉRIENCES

SUR

APPLICATION DE DIVERSES ESPÈCES DE GAZ

À L'ILLUMINATION DES PHARES LENTICULAIRES ^(a).

XXII (A).

BEC À GAZ À TROIS COURONNES CONCENTRIQUES.

N° XXII (A)¹.

EXPÉRIENCE SUR L'EFFET D'UNE GRANDE LENTILLE ANNULAIRE

ILLUMINÉE PAR UN BEC À TROIS COURONNES CONCENTRIQUES

PERCÉES DE SEPT RANGÉES DE TROUS.

[19 juin 1823.]

Distances d'équilibre au carton.....	{	Bec ordinaire de lampe.....	2 ^m ,97
		Grande lentille.....	97 ^m ,00

Ainsi l'effet de la grande lentille équivalait à $\left(\frac{97}{2,97}\right)^2$ fois celui du bec

^(a) Les quatorze extraits que nous produisons sous le numéro collectif XXII comprennent principaux résultats des nombreuses expériences faites par Augustin Fresnel, de 1823 à 1826, sur la substitution du gaz à l'huile, pour l'illumination de ses appareils lenticulaires, mais qu'il n'eut pas le temps d'appliquer et qui n'ont pas été repris.

D'après une note du Mémoire N° VIII, § 33 (p. 117 de ce volume), ces expériences auraient eu au début pour objet spécial de simplifier le service des nouveaux phares, par la suppression

res.
s l'expérience du 22 mars 1821, la grande lentille non annu-
polygonale), armée de l'ancien bec quadruple, donnait à 42^m,40
e quantité de lumière que le bec ordinaire à 0^m,90. Elle équi-
vaut donc à $\left(\frac{42,4}{0,9}\right)^2$ ou à 2219 becs.

me je ne me suis pas assuré, dans l'expérience du bec à gaz,
t était disposé de manière à produire le maximum de lumière,
que l'intensité de lumière donnée par ce bec, alimenté avec du
charbon de terre, équivaut à la moitié de celle que donne le
quadruple, à l'huile.

gaz provenant de la distillation de l'huile produisant une flamme
ois environ plus brillante, ce bec à gaz donnera une intensité
celle du bec quadruple, et un éclat plus long dans le rapport
à 9 environ, puisqu'il a 0^m,13 de diamètre.

bec à gaz dépense 60 pieds cubes par heure pour des flammes
ouces de hauteur, c'est-à-dire vingt fois autant qu'un bec à gaz
re, pour lequel les particuliers payent 4 centimes par heure.

es mécaniques. Mais bientôt Fresnel parut s'attacher surtout à l'idée d'augmenter l'am-
es éclats des grandes lentilles, ainsi que l'intensité des feux fixes, en profitant, à cet
a facilité qu'il trouvait à accroître le diamètre de la flamme focale produite par un
à couronnes concentriques. C'est ce qui ressort de divers passages de sa correspon-
e ses rapports et de ses notes. (Voyez p. 155, 156, 202, 212, 218, 232, etc.) Nous
outefois qu'il avait fini par hésiter entre ce moyen de prolonger l'apparition des
1 prix d'un notable sacrifice de lumière, et la combinaison plus économique de
additionnels projetés par des systèmes conoïdes tournants de miroirs concaves. (V. la
XV, à M. Robert Stevenson, p. 207.)

nche VII présente les dessins de deux grands becs à gaz à couronnes concentriques.
mier, à *cinq couronnes*, qui est conservé au Dépôt central des phares, a été l'objet des
es décrites au numéro collectif XXII (B). Le diamètre de la couronne extérieure est
millimètres, c'est-à-dire d'un tiers supérieur à celui des becs de premier ordre à
èches concentriques.

xième, à *six couronnes*, dont l'extérieure a 133 millimètres de diamètre, a été
près un dessin autographe d'A. Fresnel. Nous ignorons d'ailleurs si ce bec a été
mis en expérience.

N° XXII (A)².

EXPÉRIENCE SUR LE BEC À GAZ DE M. SAUVAGE,

(À TROIS COURONNES),

PERCÉ DE TROUS PLUS FINS ET ESSAYÉ AVEC LE GAZ D'HUILE

AU FOYER D'UNE GRANDE LENTILLE.

[16 janvier 1824.]

Ce bec donnait encore beaucoup de fumée et laissait déposer, en très-peu d'instants, sur les rondelles, autour des trous, une épaisse couche de noir de fumée. Les deux flammes extérieures n'étaient allumées que dans une très-petite étendue, et celle du centre était allumée partout, ce qui tenait évidemment au plus grand rapprochement de ses trous et à la moindre quantité d'air qui lui arrivait.

	DISTANCES D'ÉQUILIBRE AU CARBON.	INTENSITÉS.
Grande lentille	38 ^m ,00	939
Bec ordinaire (à huile surabondante)	1 ^m ,24	1

NOTA. Le bec ordinaire produisait tout l'effet dont il est susceptible. On voit que ce résultat est un peu inférieur à celui qui avait été obtenu, avec le gaz de charbon de terre, dans l'expérience du 9 juin 1823, qui avait donné, avec la même lentille, une intensité de 1067 becs ordinaires.

ESSAIS

BEC À GAZ À CINQ COURONNES CONCENTRIQUES.

N° XXII (B)¹.

EXPÉRIENCES

UR LE NOUVEAU BEC À CINQ COURONNES CONCENTRIQUES,

ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[15 mars 1824.]

trois couronnes du centre donnaient de très-belles flammes; les deux autres, surtout la cinquième, ou la couronne extérieure, ont échappé de longues pointes et de la fumée, ce qui tenait tout à de petites fuites ou fentes de ces couronnes, et à ce que les trous étaient généralement percés trop gros, surtout ceux de la cinquième.

La grande lentille *annulaire*, la même qui avait servi dans l'expérience du 9 mars 1823, a été placée devant le bec à gaz, et son effet mesuré avec le bec ordinaire à huile surabondante. — Cette observation a été rendue pénible et inexacte par les courants d'air qui sortent de la lampe.

On a d'abord trouvé, pour distance d'équiombre du papier à la lampe, 0^m,15; mais je me suis aperçu que le bec était trop haut et que le feu était trop bas. Après avoir baissé le bec de 0^m,02 environ, on l'a

ultats suivants :

0 ^m ,77	}	Moyenne.	0 ^m ,71
0 ^m ,67			
0 ^m ,69 sans la cinquième flamme			
0 ^m ,72			

Je prends, pour distance moyenne du papier à la lampe, 0^m,72.
 La distance correspondante du papier à la lentille était de 38^m,30.
 Ainsi le bec quintuple, au foyer de la lentille, produisait un effet
 équivalent à $\left(\frac{38,30}{0,72}\right)^2$ ou à 2830 becs ordinaires.
 Dans l'expérience du 9 mars 1823, où la même lentille était éclairée
 par un bec quadruple alimenté d'huile, j'avais trouvé, avec M. Maritz,
 67 becs, en prenant pour unité une lampe astrale, qui donne moins
 de lumière que le bec ordinaire à huile surabondante. Ainsi l'on ne
 peut douter que le bec quintuple, alimenté par le gaz d'huile, ne pro-
 duise une lumière aussi intense que la lampe à bec quadruple, et
 même qu'il ne la surpasse, quand les deux couronnes extérieures seront
 toutes deux percées, puisque la cinquième ne produisait presque aucun
 effet dans cette expérience.

N° XXII (B)².

EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS,

SUR LE BEC À CINQ COURONNES, ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[30 avril 1824.]

Un quart seulement des trous des deux couronnes extérieures étaient
 percés à une grosseur suffisante; les autres trous des mêmes couronnes
 étaient trop fins, ce qui faisait que leurs flammes ne pouvaient pas
 acquiescer une hauteur suffisante, même lorsque les robinets étaient
 entièrement ouverts.

ance constante de la lentille à la lampe ordinaire alimentée par
 ile surabondante. 84^m,85

	DISTANCES du carton à la lampe.	INTENSITÉS en lampes de Carcel.
à droite de l'axe de la lentille. . . .	2 ^m ,29.	1448,00

DÉPLACEMENTS DU BEC À PARTIR DE CETTE POSITION :

+ 0 ^m ,06	ou	+ 3° 42'	8 ^m ,95.	109,84
+ 0 ^m ,07	ou	+ 4° 18'	10 ^m ,00.	89,97
+ 0 ^m ,075	ou	+ 4° 37'	13 ^m ,70.	51,75
— 0 ^m ,06	ou	— 3° 42'	8 ^m ,40.	123,24

te valeur plus forte de l'intensité pour un déplacement égal du
 t dans un moment où les deux flammes extérieures avaient déjà
 encé sans doute à baisser, indique que la première observation
 point faite dans l'axe, comme je m'en suis aperçu, et qu'il y
 un demi-degré de différence environ. Ainsi l'on aurait pu por-
 bec, de ce dernier côté, à cinq degrés au moins de sa position
 ère et avoir encore une intensité de cinquante lampes de Carcel.
 due de l'éclat, dans cette limite d'intensité, serait donc de neuf
 s et demi à dix degrés. D'après l'expérience du 27 mars 1821,
 lentille était illuminée par un bec quadruple un peu plus gros
 s becs employés à Cordouan, l'éclat, compris entre les intensités
 3,7 lampes de Carcel, avait cinq degrés et demi d'étendue.

près les résultats ci-dessus, on voit qu'avec le bec à gaz l'éclat,
 is entre des intensités de 90, aurait $2 \times (4^\circ 18') + 30$ ou $9^\circ 6'$
 due, c'est-à-dire plus d'une fois et demie l'amplitude de l'éclat
 it par le bec quadruple et compté entre des intensités de soixante
 -sept lampes de Carcel. Ainsi il n'y a pas de doute que le bec
 à cinq couronnes donnera des éclats égaux (au moins) en durée
 elipses.

RA. Ayant remarqué qu'en déplaçant le bec horizontalement on

ont fait varier sa hauteur; dans la dernière observation, j'ai vu la flamme dépasser l'avant-dernière, qui répond à $+0^m,075$; mais les flammes des deux couronnes extérieures étaient devenues trop courtes.

Dans 1 heure 8 minutes le gazomètre est descendu de $0^m,11$ ou 4 pouces. — D'après les calculs de M. Pauper, la section horizontale du gazomètre a 88 pieds carrés de superficie; ainsi un abaissement de 4 pouces ou d'un tiers de pied équivaut à une consommation de 9 pieds cubes. Telle est donc la quantité de gaz consommée par le bec en une heure. Comme les flammes n'avaient pas une hauteur suffisante, on peut la porter à 32 pieds cubes.

Une livre de mauvaise huile donne 16 pieds cubes. La bonne huile de poisson peut donner jusqu'à 20 pieds cubes.

Les mauvaises huiles, c'est-à-dire les fèces ou dépôts, coûtent, à Paris, à cause du droit d'entrée, 5 sous la livre; mais, en dehors des parois, elle ne coûtent que 3 sous.

Le bec ordinaire avait une flamme très-haute et très-brillante; il était difficile de s'assurer, chaque fois, que le bec était placé à la hauteur convenable. Par ces deux raisons, il est probable que les intensités au-dessus sont généralement trop faibles.

N^o XXII (B)³.

EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS,

SUR LE BEC À GAZ À CINQ COURONNES,

PLACÉ AU FOYER D'UNE GRANDE LENTILLE

ET ALIMENTÉ PAR DU GAZ D'HUILE.

[4 mai 1824.]

Les trous des deux couronnes extérieures avaient été agrandis au diamètre des autres. Ceux de la cinquième couronne m'ont paru un peu trop gros; cette flamme était moins blanche que les autres.

par cette fuite, on a trouvé que le bec avait dépensé 38 pieds en 50 minutes, c'est-à-dire 45 pieds cubes par heure. Comme il y avait beaucoup de spectateurs, et que l'arrivée de M. le Directeur [des ponts et chaussées] a pu occasionner quelque méprise au sujet de l'observation, je ne suis pas sûr de ce résultat, surtout à l'égard des fuites, dont l'effet a pu varier.

DISTANCES D'ÉQUILIBRE.

Distance constante de la lentille à la lampe ordinaire alimentée par le gaz surabondant. 85^m,30

POSITIONS DU BEC et distances angulaires à l'axe.		DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS en lampes de Carcel.
- 0 ^m ,02	ou - 1° 14'	1 ^m ,86	2195,90
- 0 ^m ,08	ou - 4° 55'	11 ^m ,00	76,64
sur l'axe	ou 0° 0'	1 ^m ,82	2291,40
- 0 ^m ,04	ou + 2° 28'	2 ^m ,20	1581,90
- 0 ^m ,08	ou + 4° 55'	12 ^m ,30	62,96

Il est probable, d'après l'expérience suivante, que la perte par fuite avait été mal estimée ou qu'elle a augmenté pendant le cours de l'expérience, sans doute parce que l'on aura augmenté la pression du gaz.

N° XXII (B) ⁴.

[EXPÉRIENCE AYANT LE MÊME OBJET QUE LA PRÉCÉDENTE.]

[11 mai 1824.]

Nous avons employé pendant quelques minutes un gaz fort beau, qui n'eût pas été lavé, que M. Pauper a fabriqué avec une huile qui a une forte odeur d'acide pyroligneux, et dont il ne connaît pas la composition.

s intensités de lumière avec le bec ordinaire à huile surabondante; mais l'air était agité et l'on ne peut pas compter sur l'exactitude de ces mesures.

DISTANCES D'ÉQUILIBRE.

Distance constante de la lentille à la lampe ordinaire 85^m,50

POSITIONS DU BEC et distances angulaires à l'axe.	DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS en lampes de Carcel.	
0 ^m ,00 ou 0° 0' . .	2 ^m ,00 . .	1914,00	
0 ^m ,07 ou — 4° 18' .	8 ^m ,20 . .	130,57	
0 ^m ,07 ou + 4° 18' .	8 ^m ,25 . .	129,13	
0 ^m ,035 ou + 2° 9' . .	2 ^m ,70 . .	1067,10	Les flammes avaient baissé.
0 ^m ,035 ou — 2° 9' . .	2 ^m ,24 . .	1534,20	{ On a fait remonter les flammes en augmentant la pression du gazomètre.
0 ^m ,005 ou — 0° 18' .	1 ^m ,83 . .	2277,30	
0 ^m ,005 ou + 0° 18' .	1 ^m ,79 . .	2378,00	Flammes hautes.
			{ Flammes à 4 pouces avec longues flamèches rouges et fumant beaucoup.

Pendant toute la durée de cette expérience, le bec surmonté de la cheminée cylindrique ordinaire a toujours plus ou moins fumé. Le gaz était apparemment plus riche en charbon que celui qui avait été fabriqué, pour l'expérience du 4 mai, avec de l'huile de colza dépurée.

On avait bouché toutes les fuites du gazomètre, et l'on a mesuré avec son abaissement pendant le cours de l'expérience.

Voici le résultat de ces observations :

CONSUMMATION PAR HEURE.			
0 ^{mm}	9 ^h 14 ^m		
43 ^{mm}	41 ^m		17,05 pieds cubes.
3 ^{mm}	9 ^h 55 ^m		
25 ^{mm}	19 ^m	Flammes hautes.	21,39
8 ^{mm}	10 ^h 14 ^m		
46 ^{mm}	30 ^m	{ Flammes à 4 pouces avec longues pointes	24,92
4 ^{mm}	10 ^h 44 ^m		

avons essayé, à la fin de l'expérience, le verre coudé que
avait acheté chez M. Petit, et auquel nous avons ajouté une
en tôle. Il enveloppait le bec, mais serrait de trop près la
couronne pour qu'on pût l'allumer; en sorte que nous
allumé que les quatre couronnes intérieures, qui ont toutes
une flamme blanche et tranquille. J'ai été surpris que la qua-
rème aussi blanche, étant éloignée de la cheminée de. . . . Ces
étaient chargées de lumière, et si supérieures en éclat à celles
obtenues auparavant avec la cheminée cylindrique,
quatre flammes au foyer de la lentille nous ont donné une
de lumière plus grande que celle qui nous avait été donnée
par cinq flammes environnées de la cheminée cylindrique. J'ai
54 pour distance d'équiombre, ce qui répond à une inten-
sité à $(\frac{87,04}{1,54})^2$ ou à 3194 lampes de Carcel. Mais les courants
agitent tellement la lampe ordinaire, que cette mesure n'est pas
plus que les précédentes.

Il a paru aussi qu'avec la cheminée coudée les flammes avaient
moins d'agitation pour les mêmes ouvertures des robinets, ce qui pro-
duit sans doute de ce qu'elles étaient beaucoup moins agitées et
consomment complètement une quantité notable de gaz, qui auparavant
se perdait en fumée.

EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS,
SUR L'EFFET PRODUIT PAR LE BEC À GAZ À CINQ COURONNES

SURMONTÉ DE LA CHEMINÉE COUDÉE.

[14 mai 1824.]

[NOTA. M. DE ROSSEL assistait à cette expérience.]

C'est la lampe renfermée dans une lanterne qui a servi de mesure. En la comparant avec le bec ordinaire alimenté par de l'huile surabondante, j'ai trouvé [pour rapport d'intensité] 0,81

DISTANCES D'ÉQUILIBRE.

Distance constante de la lentille à la lanterne 85^m,50

POSITIONS DU BEC et distances angulaires à l'axe.		DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS	
			en quinquets de la lanterne.	en lampes de Carcel.
0 ^m ,00	ou 0° 0'	1 ^m ,51 . . .	3320,32	2689,50
+ 0 ^m ,03	ou + 1° 51'	1 ^m ,64 . . .	2823,20	2286,80
+ 0 ^m ,06	ou + 3° 41'	3 ^m ,86 . . .	535,94	434,11
+ 0 ^m ,07	ou + 4° 18'	14 ^m ,55 . . .	47,28	38,30
— 0 ^m ,07	ou — 4° 18'	9 ^m ,78 . . .	94,91	76,88
— 0 ^m ,06	ou — 3° 41'	3 ^m ,49 . . .	650,18	526,64
— 0 ^m ,03	ou — 1° 51'	1 ^m ,89 . . .	2138,00	1731,70

NOTA. D'après la seconde mesure répondant à + 0^m,03, et la septième mesure répondant à — 0^m,03, il est probable qu'il y a erreur en moins pour celle-ci.

Dans cette expérience le dessus du bec était à 28 millimètres au-dessous du niveau du centre de la lentille. Nous l'avons rehaussé

bas du centre de la lentille, ce qui n'a pas sensiblement
 été l'amplitude de l'éclat, comme le prouvent les résultats
 suivants :

POSITIONS DU BEC.	DISTANCES d'équombre.	INTENSITÉS	
		en quinquels de la lanterne.	en lampes de Carcel.
5 ^m ,03 ou — 1° 51'	1 ^m ,72	2571,4	2082,9
5 ^m ,00 ou 0° 0'	1 ^m ,55		
5 ^m ,07 ou + 4° 18'	14 ^m ,48		
5 ^m ,07 ou — 4° 18'	10 ^m ,74		

Toutes ces observations ont été faites en tenant la flamme de
 l'urne dans son maximum de développement, dont la lumière
 a été comparée, par la première mesure, au maximum d'effet du
 bec ordinaire. Ainsi toutes les évaluations ci-dessus en bec ordinaire
 sont surabondantes, que j'appelle *Carcel*, sont plutôt trop faibles
 que les flammes s'inclinassent moins vite à partir de la cin-
 couronne [du bec à gaz], nous avons rehaussé le coude de la
 échelle de 0^m,02. Alors les flammes n'ont pas sensiblement rougi,
 elles sont devenues plus agitées. — Dans la première position de la
 échelle elles étaient parfaitement tranquilles et d'une blancheur
 saine, quoique le gaz eût beaucoup de dispositions à fumer.

ÉTAT DU GAZOMÈTRE OBSERVÉ PENDANT LA PREMIÈRE SÉRIE DE MESURES D'INTENSITÉS.

0 ^m ,20	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; font-size: 4em; line-height: 1;">}</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Ainsi le gazomètre s'est abaissé de 95^{mm} ou environ 3 pouces 1/2 pendant 1 heure. 3 pouces donnent $\frac{3}{4}$, ou 22 pieds cubes..... 22^{P.c.},0 auxquels il faut ajouter $\frac{2}{3}$ p. 1/2 pouce ou . . . 3 ,7 </div>
0 ^m ,65	
0 ^m ,15	
<hr/>	
Total: 95 ^{mm} pendant une heure. 25 ^{P.c.} ,7	

conséquent le bec a consommé près de 26 pieds cubes en une

N° XXII (B)⁶.

EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS,

SUR LE BEC À CINQ COURONNES,

ALIMENTÉ PAR DU GAZ D'HUILE.

(19 mai 1824.)

PREMIÈRE OBSERVATION. — En prenant pour unité la lampe de la lanterne.

Ses flammes étaient très-hautes et à leur maximum de développement.

Lampe de la lanterne.....	1 ^m ,20
Bec à gaz.....	6 ^m ,89
Intensité en becs de la lanterne, au maximum.....	32,97

DEUXIÈME OBSERVATION. — En prenant pour unité le bec ordinaire plein effet.

Bec ordinaire.....	1 ^m ,49
Bec à gaz.....	7 ^m ,42
Intensité en lampes de Carcel.....	24,80 ou 25,00

TROISIÈME OBSERVATION. — Pendant laquelle les flammes du bec à gaz ont un peu baissé.

Bec ordinaire.....	1 ^m ,52
Bec à gaz.....	7 ^m ,50
Intensité en lampes de Carcel.....	24,35

$$\left. \begin{array}{l} 5^m \quad 55^{mm} \\ 5^m \quad 105^{mm} \\ 5^m \quad 150^{mm} \end{array} \right\} 95^{mm} \text{ en une heure } \left\{ \begin{array}{l} \text{[Le gazomètre a 16 pans et } 3^m,62 \text{ de diamètre} \\ \text{d'angle en angle. La superficie de sa base (déduc-} \\ \text{tion faite des montants) est de 94 pieds carrés.]} \end{array} \right.$$

$$180^{mm} \quad 90^{mm} \text{ en une heure.}$$

peut admettre que la dépense est de 27 pieds cubes par heure.

N° XXII (C).

EXPÉRIENCE FAITE, À L'USINE ROYALE,
SUR LES GAZ PROVENANT DE LA DISTILLATION DE LA RÉSINE

ET DE L'HUILE DE GOUDRON MÊLÉE DE RÉSINE.

(4 août 1824.)

Le bec à cinq couronnes, placé au foyer de la grande lentille annulaire, a été successivement alimenté par ces deux espèces de gaz. La distance de la lentille à la lanterne était de 41^m,65.

	DISTANCES d'équilibre.	INTENSITÉS	
		en becs de quinquet.	en lampes de Carcel.
Pour le gaz de résine.	0 ^m ,80	2815 . . .	2280
Pour le gaz d'huile.	0 ^m ,75	3196 . . .	2589

8 kilogrammes de cette huile de goudron mêlée de résine ont donné 158 pieds cubes. Ainsi elle produit, à la distillation, 8 pieds cubes par livre.

M. Bérard m'a assuré que l'huile ordinaire de colza n'en produisait ni plus. — Une consommation de 27 pieds cubes par heure représenterait donc au moins celle de 2 livres 1/2 d'huile.

D'après la table de Thenard, le poids de 1 litre de gaz hydrogène carburé est 1,275.

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
L'huile d'olive contient.	77,2	13,36	9,43

Les 9,43 d'oxygène se combinent avec $\frac{9,43}{8}$ ou 1,18 d'hydrogène; reste donc 77,2 de carbone et 12,18 d'hydrogène.

hydrogène percarbure est composé d'hydrogène et de carbone en rapport de 344 à 2110 : ainsi les 12,18 d'hydrogène de l'huile dissoudront 74,71 ; ce qui fera un poids de 86,89 en hydrocarbure sur 100 d'huile, ou de 86g grammes sur 1 kilo-gramme d'huile.

39 grammes d'hydrogène percarbure occupent un volume de 681,57 litres, ou 19,88 pieds cubes, c'est-à-dire presque 20 fois plus que l'huile. Ainsi 1 kilogramme d'huile d'olive donnerait à peine 19,88 pieds cubes de gaz hydrogène percarbure, et 1 livre, 10 pieds cubes à plus.

Il faudrait augmenter d'un vingtième environ ces volumes pour la température 0°.

N° XXII (D).

EXPÉRIENCE FAITE, À L'USINE ROYALE D'ÉCLAIRAGE,

SUR LA GRANDE LENTILLE, ILLUMINÉE SUCCESSIVEMENT PAR LE BEC À GAZ

ET PAR LA LAMPE À QUATRE MÈCHES.

(16 août 1824.)

[NOTA. M. ROBERT STEVENSON assistait à cette expérience.]

C'est la lampe de Carcel construite par M. Wagner qui a été prise
 pour objet de comparaison, ou pour unité, en tenant sa flamme à une
 hauteur modérée.

Gaz de résine. $\left(\frac{43^m,50}{1^m,04}\right)^2 = 1750$ lampes de Carcel.

Gaz d'huile. $\left(\frac{43^m,37}{0^m,91}\right)^2 = 2271$ lampes de Carcel.

Lampe à 4 mèches. . . . $\left(\frac{43^m,00}{0^m,87}\right)^2 = 2443$ lampes de Carcel.

NOTA. En éteignant successivement les trois flammes extérieures de
 la lampe à quatre mèches, on a remarqué que l'axe du cône lumineux
 n'était pas exactement dirigé vers le papier sur lequel on comparait
 les deux ombres. Ainsi la lumière observée ne devait pas être tout à
 fait le maximum de celle que peut donner la grande lentille illuminée
 par la lampe à quatre mèches. Peut-être y avait-il aussi quelques
 petites erreurs du même genre dans la disposition précédente de la
 lentille et du bec à gaz, que je n'avais pas vérifiées; au surplus, elles
 n'ont pu que diminuer un peu l'effet de la grande lentille.

J'ai reconnu, d'après des expériences précédentes, que le bec à gaz
 composé de cinq anneaux concentriques consommait 25 à 26 pieds
 cubes par heure, et la lampe à quatre mèches, 1 livre 1/2 d'huile.

ESSAIS COMPARATIFS DE DIVERS GAZ.

N° XXII (E)¹.

PÉRIENCE SUR DEUX GAZ PRODUITS PAR LA DISTILLATION,
L'UN DE L'HUILE DE COLZA, L'AUTRE D'UNE HUILE FACTICE.

(24 mars 1826.)

us avons comparé dans cette expérience, M. Bérard et moi, deux
rovenant, l'un d'huile de colza et l'autre d'huile factice. L'huile
lza avait donné un peu plus de gaz qu'à l'ordinaire, parce qu'elle
été chauffée un peu plus fortement. C'est par elle qu'on avait
encé la distillation, et l'huile factice, distillée à une température
dre, a donné au contraire moins de gaz que de coutume.

Bérard présume qu'une certaine portion de cette dernière huile
int été décomposée, mais simplement volatilisée, de sorte qu'elle
redevenir liquide par le refroidissement.

kilogrammes d'huile factice avaient élevé le gazomètre de
ouces 10 lignes. Il a 6 pieds de diamètre : ainsi ces 4 kilo-
mes d'huile avaient produit 63,224 pieds cubes; par consé-
c chaque kilogramme avait produit 15,8 pieds cubes, ou 16 pieds
environ, ce qui ne fait que 8 pieds cubes par livre.

kilogrammes d'huile de colza avaient élevé le gazomètre de
ouces 6 lignes ou 282 lignes : ainsi ces 3 kilogrammes avaient donné
71 pieds cubes, ce qui fait 18,457 pieds cubes ou 18,46 pieds
par kilogramme, ou 9,1/4 pieds cubes environ par livre.

us avons alimenté successivement le même gros bec ordinaire

APPLICATION DU GAZ À L'ÉCLAIRAGE DES PHARES.

Le gaz avec les deux gaz d'huile, en laissant la même ouverture de robinet. Les intensités des deux lumières, comparées successivement à la lampe de Carcel, dont un écran ne laissait voir que 21 millimètres de hauteur de flamme, nous ont paru sensiblement égales. Le gaz d'huile de colza semblait donner un peu plus de lumière, mais nous avons reconnu, quelques instants après, que la flamme de la lampe de Carcel paraissait et n'était plus si bien nourrie dans la partie découverte, ce qui nous a obligés d'avoir recours à un bec alimenté par le gaz de charbon de terre sous une pression constante. Nous nous sommes assurés, de cette manière, que les deux gaz d'huile donnaient la même quantité de lumière, et nous avons reconnu aussi que la consommation en volume était la même.

Pour la rendre plus rapide, outre le bec qui servait à l'expérience, huit becs semblables étaient allumés. En 43 minutes, nous avons fait baisser d'abord le gazomètre de l'huile factice de $0^m,152$, et ensuite, en 30 minutes, de $0^m,105$; ce qui fait en tout $0^m,257$ pour 73 minutes, ou $0^m,211$ pour une heure.

En 44 minutes le gazomètre contenant le gaz d'huile de colza a baissé de $0^m,16$, ce qui équivaut à $0^m,209$ par heure.

Il y avait cependant entre les deux gaz d'huile cette différence que, malgré ces pressions et ces ouvertures de robinets égales et ces quantités égales de lumière produite, les flammes du gaz d'huile factice montaient plus haut dans les cheminées et paraissaient un peu plus disposées à rougir et à fumer dans leur partie supérieure, qui atteignait le haut de la cheminée.

En négligeant les portions d'huile distillée restées dans les appareils, on conclurait de ces expériences que les produits de lumière du gaz d'huile factice et du gaz d'huile de colza sont entre eux comme 15,8 est à 18,46; or les prix de ces deux huiles sont entre eux comme 3 : 4. Ainsi les avantages économiques qu'elles présentent sont dans le rapport $\frac{15,8}{3} : \frac{18,46}{4}$, ou 5,27 : 4,61, ou enfin 1,143 : 1; c'est-à-dire que l'huile factice de M. Bérard présenterait au moins un bénéfice de 0,143 ou d'un septième.

si s'engage à fournir toujours, à un prix mesuré à un quart
de l'huile de colza, une quantité d'huile suffisante pour pro-
même quantité de lumière.
le bénéfice serait d'un quart.

N° XXII (E)².

RIENCE SUR LA CONSOMMATION DE GAZ D'HUILE FACTICE,

PAR DES BECS À CINQ, À QUATRE ET À DEUX FLAMMES.

(7 avril 1826.)

expérience a été faite avec M. Bérard, à l'usine royale d'éclai-

avons employé le bec à gaz à cinq couronnes, que nous avons
allumées toutes les cinq; ensuite nous avons éteint la couronne
re, de manière à produire l'effet et la dépense d'un bec à
flammes. Enfin nous avons mis en expérience le bec à deux
qui doit servir à éclairer le cadran de l'Hôtel de Ville.

les deux premières expériences, nous avons employé le gazo-
moyen de 6 pieds de diamètre, dont la section horizontale
28,3 pieds carrés. Pour la dernière expérience, nous nous
servis du petit gazomètre, dont la section horizontale n'est que
ed carré.

lampe de Carcel, dont nous avons entretenu la flamme à la
de 40 millimètres, nous a servi d'objet de comparaison. Elle
mmé 45 grammes d'huile en une heure un quart, ce qui équi-
66 grammes par heure. Sa flamme était un peu rougeâtre et
je crois, un peu moins de lumière que la lampe ordinaire,
value la consommation à 40 grammes par heure.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

	DISTANCES D'ÉQUIOMBRE.	MOYENNES.	INTENSITÉS.
Bec à 5 flammes.	6 ^m ,70 . . . 6 ^m ,65 . . .	6 ^m ,67 . . .	42,76
Lampe de Carcel.	1 ^m ,05 . . . 0 ^m ,99 . . .	1 ^m ,02 . . .	1,00

HAUTEURS DU GAZOMÈTRE :

$$\text{Consommation...} \left\{ \begin{array}{l} \text{à } 2^h 2^m \dots 0^m,63 \\ \text{à } 2^h 3^m \dots 0^m,623 \\ \hline \text{à } 2^h 34^m \dots 0^m,383 \\ \text{à } 2^h 35^m \dots 0^m,378 \end{array} \right.$$

Ainsi, dans 32 minutes le gazomètre a baissé de 0^m,246, ce qui équivaut à 0^m,461 (ou 17 pouces, à très-peu près) dans une heure. La consommation serait donc par heure de 28,3 p. cub. $\times \frac{17}{12} = \frac{481,1}{12} = 40,1$, en nombre rond, 40 pieds cubes par heure. Or, d'après les données fournies par M. Bérard, lors de l'expérience du 24 mars, il faudrait 600 grammes d'huile factice pour produire ces 40 pieds cubes; mais on pense qu'avec des soins convenables on pourrait retirer 40 pieds cubes de 2355 grammes, en comptant 17 pieds cubes par kilogramme d'huile factice. Si nous multiplions l'intensité 42,76 par 36, ou même par 40 grammes, nous aurions seulement 1710 grammes d'huile de colza pour produire dans les lampes une lumière équivalente. La référence est 645, ou un tiers en sus, pour l'huile factice.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

	DISTANCES D'ÉQUIOMBRE.	MOYENNES.	INTENSITÉS.
Bec à 4 flammes.	6 ^m ,95 . . . 6 ^m ,97 . . .	6 ^m ,96 . . .	29,11
Lampe de Carcel.	1 ^m ,285 . . . 1 ^m ,30 . . .	1 ^m ,29 . . .	1,00

HAUTEURS DU GAZOMÈTRE :

$$\text{Consommation...} \left\{ \begin{array}{l} \text{à } 2^h 34^m \dots 0^m,383 \\ \text{à } 2^h 35^m \dots 0^m,378 \\ \hline \text{à } 2^h 59^m \dots 0^m,245 \\ \text{à } 3^h 00^m \dots 0^m,240 \end{array} \right.$$

en 28 minutes, le gazomètre a baissé de 0^m,188, ce qui à un abaissement de 0^m,331 dans une heure, ou 1,02 p. c. Or la section du gazomètre étant de 28,3 pieds carrés, la nation par heure serait de 28,87 pieds cubes, ou environ cubes. Si l'on suppose que 1 kilogramme d'huile factice pro- pieds cubes, ces 29 pieds cubes représentent 1^k,706 d'huile tandis que la lumière produite ne représente en quinquets < 40 grammes environ, ou 1^k,160 d'huile ordinaire. L'excé- de 546 grammes.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

	DISTANCES D'ÉQUOMBRE.		MOYENNES.	INTENSITÉS.
2 flammes.....	3 ^m ,675...	3 ^m ,80...	3 ^m ,74...	4,41
de Carcel.....	1 ^m ,715...	1 ^m ,84...	1 ^m ,78...	1,00
Petit gazomètre... {	à 3 ^h 8 ^m		0 ^m ,855	
	à 3 ^h 25 ^m ...		0 ^m ,145	

le petit gazomètre, dont la section égale 1 pied carré, s'est e 0^m,71 dans 17 minutes, ce qui équivaut, pour une heure, issement de 2^m,506, ou 7 pieds 8 1/2 pouces environ, c'est- ue ce bec à deux flammes consomme 7 3/4 pieds cubes de heure, ce qui équivaut à 456 grammes d'huile factice. Or la antité de lumière peut être produite par des quinquets avec o grammes, ou 176 grammes d'huile ordinaire, c'est-à-dire e la moitié.

N° XXII (E)³.

EXPÉRIENCE SUR LE GAZ PORTATIF.

(..... 1826.)

	DISTANCES.	INTENSITÉS.
s bec ordinaire alimenté par du gaz portatif...	3 ^m ,13...	1,46
pe de Carcel.....	2 ^m ,59...	1,00

La lampe de Carcel a consommé 42 grammes en 64 minutes, ou 40 grammes par heure.

Le petit gazomètre, dont la section horizontale est de 1 pied carré, baissé, dans une heure, de 21 1/2 pouces, ou 1,8 pied; ainsi le bec à gaz a consommé 1,8 pied cube en une heure; or 1 livre d'huile, ou 500 grammes, donne au plus 12 pieds cubes; par conséquent 1,8 pied cube équivaut à 75 grammes. Mais $42 \text{ grammes} \times 1,46 = 61^{\text{e}},32$, c'est-à-dire 61 ou 62 grammes. Ainsi le gaz consomme 13 à 14 grammes, ou le cinquième au moins, en sus de la lampe de Carcel.

N^o XXII (E)⁴.

EXPÉRIENCE SUR LE GAZ D'HUILE ANIMALE.

(21 décembre 1826.)

Cette expérience avait pour objet de comparer de nouveau la lampe de Carcel avec le gaz provenant de l'huile animale de M. Bérard.

Nous avons tenu le bec à gaz à une hauteur telle qu'il équivailait à la lampe de Carcel en plein effet. Je n'ai pas mesuré la consommation de cette lampe pendant l'expérience; mais, d'après les expériences précédentes, elle devait être environ de 40 grammes par heure, peut-être un peu plus.

Pendant la première demi-heure, le bec à gaz a consommé 15 pouces, ou 1 1/4 pied cube; pendant le quart d'heure suivant, 8 pouces, ou trois quarts de pied cube, ce qui ferait 1 1/2 pied cube dans une demi-heure. Mais le bec à gaz a été constamment un peu plus fort que la lampe de Carcel. Dans l'expérience précédente, il s'est trouvé souvent un peu plus faible. Ainsi, en adoptant la consommation de 1 1/4 pied cube par demi-heure, ou de *deux pieds cubes et demi* par heure, nous ne devons pas supposer que la lampe de Carcel équivalente consomme plus de 40 grammes d'huile de colza par heure.

En tenant compte pour demi-valeur des liquides condensés dans

...position de son flanc amiral, et l'on a vu que
comme d'huile avait produit 20 pieds cubes. Ainsi, puisqu'il
pour cette huile 40 centimes le kilogramme, chaque pied cube
coûtait à 2 centimes, et les 2 1/2 pieds cubes à 5 centimes, dépense
égale à celle des 40 grammes d'huile de colza, si on la sup-
prime sous la livre, ou 1 fr. 20 cent. le kilogramme, puisque alors
les grammes coûteraient 48 centimes.

Le feu avait été poussé un peu trop vivement pendant la pré-
sence du gaz, ce qui en avait produit davantage, mais l'avait rendu
de bonne qualité, en lui faisant déposer du charbon.

XXIII.

ÉTUDES

RELATIVES

AU PROJET DE LA TOUR DU PHARE

DE BELLE-ÎLE^(a).

N° XXIII (A).

RAPPORT

sur LE PROJET PRÉSENTÉ PAR L'INGÉNIEUR EN CHEF DU MORBIHAN

POUR LE PHARE DE BELLE-ÎLE.

[4 et 7 mars 1825.]

Nous avons été chargé par M. le Directeur général, dans la dernière séance de la Commission, d'examiner, sous le rapport de la

^(a) Les études relatives à l'établissement du phare de premier ordre destiné à signaler Belle-Île, l'un des principaux atterrages de nos côtes de l'Océan, préoccupèrent péniblement Fresnel jusqu'à ses derniers moments. S'étant trouvé en dissidence avec l'ingénieur en chef du Morbihan, sur les conditions de stabilité de la haute tour à construire, il eut à présenter un double contre-projet, qui fut soumis à la Commission des phares, puis au conseil général des ponts et chaussées. [Voyez ci-après le N° XXIII (B).]

Parmi les documents, la plupart administratifs, concernant ces études et cette controverse, nous avons dû nous borner à reproduire le petit nombre de pièces qui nous ont paru offrir assez d'intérêt, au double point de vue théorique et pratique, pour figurer dans la présente publication.

en, le projet de passer pour dans le présent par un ingénieur en chef du Morbihan, et de chercher les moyens d'en diminuer le coût. Nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de la Commission le croquis d'un nouveau projet plus économique, que nous avons soumis à M. Sganzin, inspecteur général ^(a). Nous allons exposer brièvement les modifications apportées par le nouveau projet et les avantages qui en résultent.

En premier abord, il nous a paru que le soubassement ou socle sur lequel repose la colonne, dans le projet présenté par M. Sganzin, offre un massif de maçonnerie plus considérable qu'il n'est nécessaire pour la solidité de l'édifice et le logement des gardiens.

Les phares d'Eddystone et de Bell-Rock, entourés par la mer, laissent à l'abri, qui est moins élevée, suffit pour loger les gardiens et leurs appartenances.

Nous avons dû toutefois prévoir le cas où l'on adopterait l'éclairage à huile pour le phare de Belle-Île, et chercher le moyen d'établir un appareil distillatoire avec ses deux gazomètres. Mais nous avons pensé qu'il serait très-difficile de ménager l'emplacement nécessaire au soubassement du premier projet, malgré ses grandes dimensions. Comme on peut le voir par les deux cercles tracés au crayon, augmentant la section horizontale de ces gazomètres ⁽¹⁾. Augmenter la largeur du soubassement serait un moyen trop dispendieux. Le projet plus économique et plus prudent en même temps de placer les gazomètres sous un hangar construit auprès de l'édifice. Pour éviter les explosions qui pourraient être occasionnées par les fuites de gaz d'un gazomètre, il est essentiel que le gaz qui s'échappe ne puisse pas s'accumuler dans le haut de la pièce où cet appareil est

tracés au crayon, qui étaient ressemblants, mais dont il n'était point question dans le premier rapport de la Commission, ont été mal interprétés par

M. l'ingénieur en chef du Morbihan, dans son rapport du 8 novembre 1824, et il était difficile en effet qu'il pût deviner leur objet.

la planche XV.

plus facile à établir dans un hangar, au toit duquel on pratique une ouverture, que dans une pièce surmontée de plusieurs étages. Ainsi, dans tous les cas, on ne doit songer à loger dans le phare proprement dit que les gardiens et leurs approvisionnements.

Ce principe admis, il est évident que le soubassement du projet présenté par M. l'ingénieur en chef du Morbihan offre plus de logement qu'il n'en faut pour les besoins du service. Or ce grand massif de maçonnerie en pierre de taille et en libages constitue une portion considérable de la dépense. Est-il indispensable à la stabilité de l'édifice ? Nous ne le pensons pas. Il nous a paru que M. Luczot s'était exagéré la puissance du vent sur une tour élevée. Quoique cette tour ait 33 mètres de hauteur, en y comprenant le soubassement, elle pourrait résister aux plus violentes tempêtes, lors même qu'elle serait complètement isolée du haut en bas, et ne serait pas renforcée dans sa partie inférieure par un massif de maçonnerie. Les aiguilles gothiques d'une construction si légère, qui subsistent depuis tant de siècles sur nos côtes, les hautes cheminées en briques que l'on construit maintenant en Angleterre et en France pour augmenter le tirage des fourneaux, doivent rassurer sur la stabilité de ce genre d'édifice. Une tour ou colonne creuse (dont la forme ronde diminue déjà l'action du vent) ne lui résiste pas seulement par l'épaisseur de sa maçonnerie, comme un mur plan et isolé, mais encore en raison de la largeur de sa base; puisqu'elle forme voûte dans le sens horizontal et que le côté frappé du vent ne peut être renversé qu'avec le reste de la tour basculant sur le point opposé de son diamètre.

Dans le projet que nous avons l'honneur de soumettre à la Commission, et où nous avons considéré les deux cas d'une construction en briques et d'une construction en pierre de taille de granit, cette tour de 53 mètres de hauteur totale aurait 5^m,40 de diamètre à son extrémité supérieure, et 7^m,40 ou 7^m,20 à sa base, selon qu'elle serait en briques ou en granit. Dans le premier cas nous avons donné au mur une épaisseur de 70 centimètres en haut et de 1^m,70 en bas; dans le

épaisseur de 65 centimètres en haut et de 40 centimètres en bas. Le mur de Cordouan, construite en pierre calcaire, le mur présente une épaisseur de 65 centimètres, qui reste la même jusqu'à 10 mètres au-dessous. Dans les phares d'Eddystone et de Bell-Isle, exposés au choc des vagues jusqu'à leur couronnement, la section du mur n'offre qu'une épaisseur de 40 centimètres. De ces rapprochements nous avons conclu qu'une épaisseur de maçonnerie de 60 centimètres au haut de la tour suffirait pour le phare de Cordouan. Cette dimension pourrait même être réduite, si l'on n'avait à tenir compte de la poussée de la voûte qui supporte l'appareil d'éclairage. Cette poussée est assurément bien plus que suffisante pour empêcher le phare de renverser la partie supérieure de la tour.

Les épaisseurs et les diamètres que nous venons d'indiquer, nous nous sommes persuadé que cette tour, sans soubassement, résisterait aux plus fortes tempêtes, alors même qu'elle serait construite en briques. Pour appuyer ce que nous avançons, nous citerons la construction légitime des hautes cheminées d'usines en général, et en particulier celle de la cheminée de l'usine Française, faubourg Montmartre, dont les dimensions nous sont connues. Sa hauteur est de 110 pieds ou 33,53 mètres, sa largeur totale à la base de 3^m,70, au sommet de 1^m,75. L'épaisseur du mur construit en briques est de 1^m,10 en bas, et seulement de 8 pouces ou 22 centimètres en haut. Sans doute cette cheminée sera pas exposée aussi fréquemment à des tempêtes que le phare de Belle-Île; mais on a dû cependant calculer sa force, d'après l'expérience des hautes cheminées construites en Angleterre, pour être capable de résister à un coup de vent extraordinaire. Le phare de Belle-Île aura 17 mètres de hauteur de plus; mais aussi on aura une préférence dans l'épaisseur des murs et dans la largeur de sa base, qui sera double de celle de la cheminée!

Si l'on est rassuré sur la stabilité de la tour, supposée isolée, on peut

on pourra augmenter la résistance du mur en augmentant la poussée de la voûte par un cercle de maçonnerie dans une des assises de la

maçonnerie à 1^m,10 ou 1^m,20 au-dessus de la naissance de la voûte, comme cela est indiqué sur le croquis de la lanterne.

qui en entoure le pied et a pour objet principal de loger les gardiens avec les approvisionnements nécessaires au service du phare. Il suffit alors de donner aux murs du soubassement une épaisseur qui résiste à la poussée des voûtes. C'est ce que nous avons fait dans le projet, ou plutôt dans les deux projets nouveaux que nous avons l'honneur de soumettre à la Commission.

Le soubassement a 11^m,40 en carré et 10 mètres de hauteur : l'épaisseur de ses murs construits en pierre de taille est de 60 centimètres. Ils sont renforcés dans les angles contre lesquels s'exerce la poussée des voûtes d'arête qui recouvrent les six pièces des deux étages du soubassement. Dans toute sa hauteur, c'est-à-dire sur 10 mètres à partir du sol, la tour est appuyée fortement de quatre côtés opposés par les murs épais qui séparent ces pièces, et même dans un quart de sa circonférence par le massif de maçonnerie qui renferme le petit escalier tournant au milieu duquel on monte sur la plate-forme du soubassement. Ainsi l'on est certain du moins que, jusqu'à 10 mètres du sol, cette tour serait inébranlable, et que si un ouragan extraordinaire pouvait la renverser, ce serait au-dessus du soubassement qu'elle se romprait. La question de sa stabilité est donc réduite à celle d'une tour de 43 mètres, et non plus de 53 mètres de hauteur, c'est-à-dire qui n'aurait guère plus d'élévation que la mince cheminée de briques dont nous venons de parler, et que tant d'autres cheminées d'une construction aussi légère.

Dans le cas où l'on bâtirait cette tour en briques, nous avons supposé qu'on ferait toujours en pierre de taille la partie renfermée dans le soubassement ; ce n'est qu'à partir de sa plate-forme que la maçonnerie de briques commencerait. Cette tour en briques de 43 mètres de hauteur, ayant 7^m,20 de diamètre à sa base, c'est-à-dire au niveau de la plate-forme, et 5^m,60 à son sommet, dont le mur aurait 1^m,50 d'épaisseur à la base et 70 centimètres en haut, serait capable certainement de résister au choc des plus violents coups de vent. A plus forte raison doit-on compter sur la stabilité de la tour si on la construit en

objet, la pesanteur du granit étant double de celle de la brique. Le mur de la tour se prolongeant jusqu'aux fondations et étant en granit sur 10 mètres de hauteur, dans le projet en briques dans l'autre, la partie inférieure de l'édifice ne s'écrasera pas sous le poids de la partie supérieure, malgré les trois portes pratiquées dans ce mur, aux deux étages du soubassement. Ces ouvertures sont petites et sont étroites, quoiqu'un peu moins que celles du projet de M. Lezot, qui sont plus multipliées. En comparant le poids de la partie de la superficie de sa base qui porte toute la charge, on voit que cette charge n'est pas si grande, relativement aux supports, que dans beaucoup d'autres constructions faites avec des matériaux légers et assistants. Quant à la partie toute en briques, comme elle n'a que 10 mètres de hauteur et que l'épaisseur de son mur à la base est la même que celle du sommet de 80 centimètres, nous ne pensons pas que les briques inférieures puissent éclater, si elles sont bien de bonne qualité.

Il faut avoir considéré les nouveaux projets sous le rapport de la commodité, et il nous reste à voir s'ils satisferont aux besoins et à la commodité du service.

Le soubassement contient au rez-de-chaussée, outre l'escalier et le vestibule du centre, trois pièces voûtées comprises entre ses quatre murs et la tour; il en contient autant au premier étage. Les deux pièces situées au rez-de-chaussée à droite et à gauche de la porte d'entrée pourront servir de magasins pour les approvisionnements d'huile et de autres objets nécessaires au service du phare; les gardiens feront leur cuisine dans la troisième pièce du rez-de-chaussée et auront pour eux-mêmes des chambres à coucher les trois pièces du premier étage. Ces chambres, qui sont d'une forme irrégulière, seront très-logeables et même assez spacieuses pour contenir chacune deux lits; en sorte qu'à la rigueur la cuisine pourrait être transférée au premier étage, et les trois pièces du rez-de-chaussée employées comme magasins. Les gardiens de service sont placés encore dans le haut de la tour, au-dessous de la lanterne, une

Elle sera ronde et aura 4^m,20 de diamètre. Si l'on déduit l'espace occupé par le petit escalier servant à monter dans la lanterne, on voit qu'il restera encore assez de place pour y mettre un lit et les menus objets nécessaires à l'éclairage du phare ⁽¹⁾. Au-dessous de cette chambre se trouve un large palier supporté par une voûte, et dont la superficie occupe la moitié de la section intérieure de la tour. C'est sur ce palier qu'on pourra et qu'on pourra déposer momentanément les fardeaux qu'on devra porter dans la lanterne.

C'est très-commode dans une tour aussi haute de les élever, comme dans le phare de Cordouan, par le moyen d'une corde qui passe sur une poulie fixe, à laquelle on ajoute un palan lorsque cela est nécessaire. C'est pourquoi nous avons ménagé une ouverture circulaire de 1^m,15 de diamètre au milieu de la voûte de chacune des deux pièces centrales du soubassement, pour laisser passer les fardeaux qu'on voudra monter dans le haut de la tour; en sorte qu'on pourra élever par ce moyen simple et commode, depuis le rez-de-chaussée jusqu'au large escalier dont nous venons de parler, les différents objets qu'il sera nécessaire de transporter dans la lanterne, et l'huile qui servira à l'éclairage. L'escalier par lequel on monte de la plate-forme du soubassement jusqu'au haut de la tour, au lieu d'être enfermé entre deux murailles concentriques, comme dans le projet de M. Luczot, est en partie à jour. Le diamètre intérieur de la tour est déjà plus grand dans notre nouveau projet que dans celui dont nous venons de parler, puisqu'il a 2^m,20 au lieu de 3^m,40, et la suppression du second mur intérieur augmente encore de 50 centimètres la largeur dont on peut disposer pour l'escalier et l'espace vide par lequel on doit élever les objets nécessaires au service de la lanterne. En donnant 1 mètre de largeur à l'escalier à jour, il reste 2^m,20 de diamètre pour l'espace vide dans lequel il s'agit, au lieu de 1^m,30 seulement que présenterait le premier projet.

On fermera par une cloison l'espace compris entre le sol de la chambre et l'esca-

lier qui monte dans la lanterne, et par une porte l'entrée de l'escalier inférieur.

1
avons adoptée. Avec moins de fenêtres l'escalier sera mieux
déjà plus large de 15 centimètres que celui de l'ancien pro-
présente surtout, par l'espace libre qu'il laisse du côté de la
plus de facilité pour monter à dos d'homme des pièces d'une
longueur ou d'une largeur un peu considérable; et quant
qu'on élèvera au moyen de la corde et de la poulie fixée
de la tour, elles auront aussi plus de place dans le jour de
r, et pourront être suivies et dirigées au besoin pendant leur
on.

escalier qui conduit du rez-de-chaussée sur la plate-forme du
ement est aussi, dans le nouveau projet, plus large que dans
. En général, nous pensons que le nouveau projet présentera
facilité et de commodité pour le service que l'ancien, auquel
inférieur que dans le nombre des pièces de logement; et nous
montré que, sous ce rapport, le nouveau projet contenait tout
était nécessaire.

s allons faire connaître maintenant les économies considérables
ocure.

s avons dû adopter dans l'estimation des travaux les prix donnés
l'ingénieur en chef du Morbihan, qui, étant sur les lieux, peut
beaucoup mieux que nous de la valeur de chaque chose. Cepen-
pour quelques espèces de travaux, qui n'entraient pas dans son
estimatif, tels que la maçonnerie en briques, nous avons été
de calculer approximativement de nouveaux prix. En portant à
ncs le mètre cube de maçonnerie de briques, nous croyons être
au-dessus qu'au-dessous de sa valeur réelle.

phare supposé construit tout en granit, conformément aux dis-
ns que nous venons d'indiquer, coûterait, sans compter la lan-
215,000 francs.

s le second projet nous supposons la tour en briques depuis
e-forme du soubassement jusqu'à la naissance de la voûte qui
la lanterne. Nous employons encore la brique pour les voûtes

en pièces encastrées au tour et les murs du soubassement d'environ 10 mètres (1).

La dépense se trouve réduite dans ce second système à 180,000 fr.

Nous avons étudié aussi la construction de la lanterne, dont nous avons l'honneur de mettre un croquis assez détaillé sous les yeux de la Commission : nous avons trouvé qu'en la construisant en bronze elle coûterait 15,000 francs, y compris la galerie de service recouverte de dalles de fonte. Si l'on fait les montants en fonte douce, et si l'on l'exécute en bronze que les pièces suivantes, savoir : 1° les languettes destinées à maintenir les glaces ; 2° les traverses horizontales ; 3° les deux polygones inférieur et supérieur dans lesquels s'assemblent les montants (c'est-à-dire en un mot toutes les pièces extérieures, ce qui nous paraît suffisant), la lanterne ne coûtera que 11,000 francs.

Supposons-la de 15,000 francs : alors les dépenses totales des deux nouveaux projets seront : pour l'un, de 230,000 francs, et pour l'autre, de 195,000 francs. Le montant du détail estimatif du projet présenté par M. l'ingénieur en chef du Morbihan est de 348,000 francs. Ainsi, en adoptant le premier des deux nouveaux projets, il en résultera une économie de 118,000 francs ; elle serait portée à 153,000 francs, si l'on adoptait le second, dans lequel le fût de la colonne et les voûtes d'arête sont en briques.

Malgré l'économie de 35,000 francs que présente celui-ci, comparé au premier, nous sommes loin d'insister pour qu'il lui soit préféré. Il faudrait pour cela que nous fussions plus sûr de la qualité des briques qui seraient employées à la construction du phare. Sans doute la bonne maçonnerie en briques peut durer bien des siècles, comme le prouvent tant de constructions romaines ; elle peut résister aussi à la gelée et à l'action de l'air et de l'eau de la mer, comme le montrent les écluses de la Hollande. Mais, malheureusement, la fabrication des briques a été jusqu'à présent trop négligée en France, et l'on ne peut

(1) Les voûtes en briques de l'étage supérieur seraient recouvertes avec des dalles de granit de 20 centimètres d'épaisseur,

qui formeraient le pavé de la plate-forme du soubassement.

ents.

On construisant la tour en granit d'appareil, on sera certain que les ébranlements de l'air et l'action du temps ne pourront jamais la dégrader. Elle aura par son poids beaucoup plus de stabilité qu'une tour en maçonnerie, et, quoique le granit ne s'unisse pas aussi facilement que la maçonnerie avec le mortier, il sera facile cependant de former aussi en granit une maçonnerie bien liée, si l'on pose les pierres à bain de mortier et sans cales, en les arasant ensuite à chaque assise, comme on le prescrit dans son devis.

Nous n'avons parlé jusqu'à présent que des convenances de logement et de service auxquelles le phare devait satisfaire, de la solidité et de la durée de sa construction. Mais quand il s'agit d'un aussi grand monument, il faut le considérer encore sous le rapport de son effet monumental, c'est-à-dire du plaisir qu'il doit procurer aux yeux. Nous pensons qu'à cet égard le nouveau projet est au moins aussi satisfaisant que l'ancien. Nous ne pouvons pas disconvenir que celui-ci n'offre dans sa partie inférieure une masse plus imposante, et qui plaît assez par son dessin géométral; mais, en perspective, la multiplicité des faces et ce soubassement produirait un effet compliqué et fatigant pour le spectateur. Il saisira plus facilement, et par conséquent avec plus de plaisir, la forme simple du piédestal cubique sur lequel nous avons placé notre colonne. D'ailleurs le rapport entre leurs dimensions se rapproche davantage des proportions ordinaires, c'est-à-dire de celles auxquelles l'œil est habitué.

CONCLUSION.

Nous avons l'honneur de proposer à la Commission de prier M. le Ministre des Travaux publics de vouloir bien faire communiquer le présent Rapport et le croquis ci-joint à M. l'ingénieur en chef du Morbihan, en l'invitant à rédiger un projet qui présente les avantages économiques qu'on peut obtenir par les modifications indiquées.

ne pensons pas que M. l'ingénieur en chef du Morbihan doive être invité à se conformer strictement au croquis ci-joint, sur lequel les sommes prêt d'ailleurs à lui donner tous les éclaircissements qu'il pourra désirer; car il est très-possible que ses lumières et son expérience apportent au projet que nous avons conçu des modifications avantageuses pour la solidité de l'édifice ou la commodité du service auquel il est destiné.

Malgré une connaissance détaillée des dimensions de l'appareil que la lanterne interne doit contenir et des conditions auxquelles elle doit satisfaire pour la sûreté et la commodité de l'éclairage, nous croyons devoir offrir de nous charger de la rédaction du projet de la lanterne, et beaucoup moins pressé d'ailleurs que celui du phare, et qui a été communiqué à M. l'ingénieur en chef du Morbihan, après avoir été soumis à l'approbation de M. le Directeur général.

Paris, le 4 mars 1825.

L'ingénieur ordinaire, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

Vu et approuvé par l'inspecteur général des ponts et chaussées,

I. SGANZIN.

AVIS DE LA COMMISSION DES PHARES.

Les membres de la Commission soussignés approuvent le présent rapport et en adoptent les conclusions.

Ils ont l'honneur de proposer à M. le Directeur général de communiquer ce Rapport et le croquis ci-joint à M. l'ingénieur en chef du Morbihan, en l'invitant à rédiger un nouveau projet de phare ayant 53 mètres de hauteur, mais dont la dépense n'excède pas 220,000 francs, non compris la lanterne. Quant au projet de lanterne, il leur paraît convenable de charger le secrétaire de la Commission d'en étudier les détails.

1

la brique au granit dans une partie de l'édifice, la Commission
is de ne pas hasarder ce genre de construction dans un pays
n'est pas assez certain de pouvoir fabriquer des briques d'une
parfaite. D'ailleurs la stabilité plus grande que le granit donnera
r, à cause de sa pesanteur, est encore une raison de préférer
èce de matériaux.

ommission désire que M. l'ingénieur en chef du Morbihan
ien examiner si l'on ne pourrait pas, sans augmenter sensible-
dépense, rendre les pièces contenues dans le soubassement
modes pour le logement, en substituant au carré de sa base
e, qui aurait l'avantage de présenter plus de superficie avec le
développement de murailles.

, le 7 mars 1825.

*Membres de la Commission : I. SGANZIN, DE PRONY, DE ROSSEL, TARBÉ DE VAUX-
ARAGO, MATHIEU, ROLLAND, et A. FRESNEL, secrétaire.*

NOUVEAU PROJET DU PHARE DE BELLE-ÎLE ^(a).

EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES

du 9 septembre 1825.

... La Commission entend la lecture d'une lettre de M. Luczot [ingénieur en chef du Morbihan] à M. le directeur général [des ponts et chaussées], par laquelle il annonce qu'il ne peut pas se charger de satisfaire, dans un nouveau projet du phare de Belle-Île, aux conditions posées par la Commission, parce qu'il ne croit pas possible de les remplir sans compromettre la stabilité de l'édifice, d'après les motifs exposés dans cette lettre.

M. Fresnel lit ensuite une réfutation détaillée des objections présentées par M. l'ingénieur en chef du Morbihan, et soumet à la Com-

^(a) Après avoir fait, pour être annexé au Rapport précédent, le croquis figuré planche XV, Fresnel se trouva conduit, ainsi qu'il résulte du présent procès-verbal, à dresser un projet complet, par suite du refus de l'ingénieur en chef du Morbihan de se conformer à un programme qui, suivant lui, donnait à la tour des proportions trop sveltes. Nous avons cru d'ailleurs qu'il n'y avait lieu de reproduire de la seconde étude de notre auteur que les deux planches publiées par lui-même dans la Collection de l'École des ponts et chaussées. (Voyez la planche XVI.)

Nous complétons cette reproduction par la Note ci-dessous, qui n'a pu trouver place sur la double planche.

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DE LA TOUR À L'EFFORT DU VENT.

Un ouragan étant supposé avoir une vitesse de 50 mètres par seconde et pro-

... qui remplit toutes les conditions qu'elle avait annoncées
 Rapport du 8 juillet 1825. (Voir la planche XVI.)

Commission adopte ce projet; mais, sur la proposition de
 ... elle prie M. le directeur général de le soumettre au Con-
 ... des ponts et chaussées, avant de le revêtir de son appro-
 ... afin que la question d'art soit jugée d'une manière définitive,
 ... toutes les formalités qu'exige la gravité des circonstances.

Membres de la Commission: HALGAN, DE PRONY, TARBÉ DE VAUX-CLAIRES, DE ROSSEL,
 ... et A. FRESNEL, *secrétaire*.

... pression de 275 kilogrammes par mètre carré de superficie, la pression
 ... la tour serait..... 62,633^k
 ... bras de levier, ou la distance de son centre d'im-
 ... à la plate-forme du soubassement, où l'on sup-
 ... la rupture aurait lieu, étant de..... 22^m,48
 ... ment de la force tendant au renversement serait
 1,408,000^k
 ... de la tour au-dessus du soubassement..... 2,080,000^k
 ... bras de levier avec lequel ce poids s'oppose au
 ... ment, s'il était égal au rayon de la base, aurait
 ... leur de 3^m,48. Mais, en supposant le point
 ... auquel aurait lieu la rotation plus rapproché de
 ... mètres du centre de la tour, eu égard à l'écras-
 ... qui s'opérerait dans la maçonnerie, ce bras de
 ... rait réduit à..... 3^m,00
 ... ment de la résistance au renversement aurait
 ... ar valeur..... 6,240,000

... dire que, dans les circonstances les plus défavorables, il serait quatre
 ... mie plus grand que le moment de la force tendant à renverser la tour.

XXIV.

DOCUMENTS

RELATIFS

À LA FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ^(a).N° XXIV¹.

NOTE

SUR LES RENSEIGNEMENTS À PRENDRE À LA MANUFACTURE DE GLACES
DE SAINT-GOBAIN ^(b).

[...janvier 1822.]

M. le directeur général des ponts et chaussées, après diverses expériences faites à l'Observatoire et à l'arc de triomphe de l'Étoile, a

^(a) La fabrication des appareils lenticulaires n'a pas été le problème le moins difficile à résoudre pour l'inventeur du Nouveau système de phares, comme on en pourra juger en parcourant ce recueil de documents.

^(b) Cette Note fut présentée, dans les premiers jours de janvier 1822, au savant directeur de la manufacture royale de glaces de Saint-Gobain, M. Tassaert, par Fulgence Fresnel, son frère aîné avait délégué à cet effet. La négociation eut d'ailleurs tout le succès qu'Augustin avait pu s'en promettre, ainsi qu'il résulte de la lettre suivante, adressée par lui à M. Tassaert :

« Monsieur,

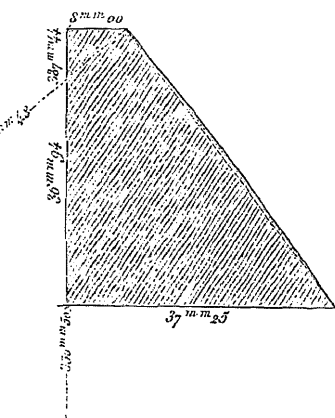
« L'accueil obligeant que vous avez eu la bonté de faire à mon frère, et dont il me charge de vous témoigner sa reconnaissance, me fait espérer que vous voudrez bien vous intéresser au succès de la fonte des prismes courbes de M. Soleil. Si elle réussit, comme tout porte à le croire, vous aurez rendu un grand service à l'éclairage des phares. En attendant, M. Soleil continue à construire des lentilles avec des morceaux de verre refoulé; mais vous accélérerez beaucoup son travail,

sur les dessins de M. Augustin Fresnel, ingénieur des ponts
ées. M. Soleil, ingénieur-opticien, chargé de la confection
es à échelons destinées au nouveau phare, les compose de di-
ces de rapport formées de morceaux de verre refoulé jusqu'à
r de 18 à 20 lignes. Ces pièces, réunies au moyen de colle de
orment des anneaux concentriques, qui sont d'une construc-
ile et dispendieuse.

eil s'est adressé à la verrerie de Choisy-le-Roi pour faire
s anneaux, soit entiers, soit en quatre ou six pièces; mais les
ainsi préparés se sont éclatés en les travaillant.

cet, à qui M. Soleil a fait part de cette tentative infructueuse,
seillé de s'adresser à la manufacture de Saint-Gobain.

èces à fondre sont de diverses dimensions. On donne pour



exemple l'anneau n° 6, dont le
diamètre extérieur est de 0^m,774
(2^P4^P7¹) et le diamètre intérieur
0^m,70 (2^P1^P10¹). [Son profil en
grandeur est figuré ci-contre.] Il
s'agirait de le couler en glace, soit
d'une seule pièce, soit en deux,
quatre ou six pièces au plus. Il
faudrait que les pièces ainsi coulées
pussent être suffisamment recuites
pour supporter le frottement du

l'émeri, et ensuite le poli. Il faudrait que la matière fût belle,

rez la bonté de lui envoyer, par la voie la plus prompte, les premiers
oulés.

etc.

« A. FRESNEL. »

grâce au concours empressé de l'établissement de Saint-Gobain, on put réduire
le nombre des subdivisions des anneaux concentriques des grands panneaux
et les exécuter sous la forme annulaire normale, perfectionnement qui, dès les
ut de moitié leur effet utile.

est à une très petite surface, ou seulement des surfaces très légères, et peu de bulles. Bien entendu que l'on emploierait la même composition que pour les glaces ordinaires, qui ont le grand avantage de conserver leur poli à l'air.

Dans le cas où le succès serait jugé certain, M. Fresnel proposerait à M. le directeur général de demander pour M. Soleil, à l'Administration de la manufacture royale de glaces, de faire couler à Saint-Gobain les pièces des lentilles à construire, sur des moules en fonte qu'il fournirait.

N^o XXIV².

AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT,

DIRECTEUR DE LA MANUFACTURE DE GLACES DE SAINT-GOBAIN.

Paris, ce 12 mars 1822.

Monsieur,

M. Soleil a reçu les verres prismatiques que vous avez eu la bonté de lui envoyer, et en a trouvé la matière belle. Il vous prie de continuer à lui en faire couler dans les mêmes moules, jusqu'à la concurrence des nombres 10, 20, 30 et 40, pour les numéros 1, 2, 3 et 4, en déduisant les premiers reçus.

Fourniture
de
verres moulés

Il vous enverra, vers la fin de cette semaine, quatre couples de moules pour les numéros 5, 6, 7 et 8, et vous indiquera en même temps le nombre de morceaux qu'il lui faut.

N'ayant pas conservé les modèles des moules 1, 2, 3 et 4, il va essayer de les contre-mouler sur les morceaux de verre qu'il a reçus, pour vous envoyer un nouveau moule de chaque espèce.

Je vous prie, Monsieur, d'avoir la bonté de lui faire parvenir les morceaux que vous aurez fait couler sur les numéros 5, 6, 7 et 8, et le plus tôt possible, pour compléter la lentille dont vous lui avez envoyé les premiers numéros.

M. Soleil désire savoir combien ces verres lui coûteront la livre.

ence des Anglais, quand ils copieront nos phares lenticulaires.
ez, etc.

A. FRESNEL.

N^o XXIV³.

AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT.

[EXTRAIT.]

[Paris, le 21 avril 1822.]

Monsieur,

. Les nouveaux verres nous arrivent à propos; M. Soleil ve-
composer une lentille *en verre refoulé*^(a), et allait être obligé d'en
une seconde, pour ne pas laisser ses ouvriers sans ouvrage.
a pas de mal que vous nous ayez envoyé un plateau de plus,
l'un des premiers se trouve avoir une *neige*; et, en général, il
int d'inconvénient à couler un ou deux morceaux de plus de
espèce, à cause des accidents. D'ailleurs j'espère que M. Soleil
asieurs autres phares lenticulaires à exécuter, et qu'ainsi les
x restants seront utilisés.

emande qu'il vous a faite est calculée pour dix lentilles : il lui
séqueusement dix cercles de chaque espèce. Il a dû vous écrire
il entrerait de morceaux dans les nouveaux cercles dont il vous
é les moules lundi dernier. C'est d'ailleurs une chose que vous
vérifier avec les moules et des patrons de papier taillés dessus,
posant avec ces patrons des cercles entiers. Quant aux nu-
, 3 et 4, je me rappelle qu'il faut par cercle deux morceaux
éro 2, trois du numéro 3, et quatre du numéro 4. En déduisant
s nombres 20, 30 et 40 ceux que vous avez envoyés, vous
ombien il vous en reste à faire couler.

la Note N^o XXIV¹.

Les verres dont M. Soleil a maintenant le plus pressant besoin sont ceux des numéros 5 et 6, et il vous prie de lui en envoyer le plus tôt possible.

Agrérez, etc.

A. FRESNEL.

N^o XXIV⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT.

Paris, ce vendredi 19 juillet 1822.

Monsieur,

Nous sommes toujours très-reconnaissants, M. Soleil et moi, de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à la fonte de nos prismes courbes, et je vous en témoigne publiquement ma gratitude dans un mémoire sur les appareils lenticulaires, dont je dois lire un extrait lundi prochain à l'Institut, et qui sera imprimé incessamment^(a). Mais, sans être très-difficile, on peut désirer que les verres aient des stries et des bulles moins marquées et moins nombreuses. C'est surtout dans les lentilles centrales que les stries me paraissent plus fortes. Nous savons qu'il est difficile d'éviter ces défauts; mais nous désirerions que vous eussiez la bonté de faire remettre au creuset les morceaux trop défectueux, parce que la petite perte qui en résulterait alors serait bien moindre que celle que supporte M. Soleil, quand il est obligé de rendre à votre administration des pièces qui payent deux ports et deux emballages. M. Soleil m'a dit qu'il consentirait volontiers à une légère augmentation de prix qui lui assurerait des prismes plus parfaits; mais c'est une chose que vous réglerez ensemble, lorsqu'il ira à Saint-Gobain. En attendant, il vous prie de continuer à lui envoyer des lentilles et des prismes de tous les numéros.

Agrérez, etc.

A. FRESNEL.

^(a) Voir le Mémoire N^o VIII.

AUGUSTIN FRESNEL À M. WAGNER,

HORLOGER-MÉCANICIEN.

Paris, le 28 novembre 1822.

Monsieur,

É d'une affaire pressante, je n'ai pas pu vous donner aussitôt
 aurais désiré les renseignements que vous m'aviez demandés.
 alte, d'anciennes expériences sur le bec double, qu'il consomme
 200 grammes d'huile par heure dans les moments de plus
 mbustion, et, de mes derniers essais, qu'il est bon de faire
 par heure 1 litre $1/2$ d'huile dans ce bec, ou 700 gr. environ,
 ire trois fois et demie la quantité d'huile consommée. Vous
 r là qu'il faudra encore un moteur assez fort pour ces becs.
 adaptant aux réflecteurs paraboliques d'un appareil à feux tour-
 ne me paraît guère possible de faire marcher leurs pompes
 poids, qui, n'ayant que peu de chute, devraient être très-lourds
 enteraient la charge de l'appareil ^(a). Si vous êtes obligé d'em-
 es ressorts, comme je le suppose, il sera difficile de leur don-
 de force pour élever 1 livre $1/2$ d'huile par heure pendant toute
 d'une nuit de quinze heures; mais on peut, à la rigueur, se
 la moitié, c'est-à-dire à sept heures et demie ou huit heures,
 ant des gardiens qu'ils remontent les ressorts à minuit. Il n'est

en s'occupant à réaliser le système d'éclairage maritime qu'il avait imaginé.
 poursuivait les études qui lui avaient été demandées sur les moyens d'augmenter
 ce des anciens appareils catoptriques. La supériorité des appareils dioptriques,
 able rapport théorique et pratique, ne fut définitivement reconnue par l'Adminis-
 après le renouvellement du phare de Cordouan, opéré au mois de juillet 1823,
 cette expérience décisive, les réverbères paraboliques ne furent plus employés à
 des phares que pour cause d'urgence et comme moyen provisoire.

moucher les lampes au moins une fois.
D'après les anciennes expériences sur le bec triple, il dépense
grammes, et au plus 450. Si l'on multiplie ce dernier nombre
3, on a 1350 grammes pour la quantité d'huile à élever par heure;
trois qu'il serait bon de la porter à 1500 grammes ou 3 livres.
Pour que l'huile du réservoir ne s'échauffe pas trop, j'estime qu'il
t en contenir le double de ce qu'on veut brûler. Or, en supposant
M. Maritz^(a) tienne sa lampe allumée pendant dix heures, elle aura
sumé 4500 grammes d'huile, dont le double est 9000 grammes,
font un volume d'environ 9 litres 900 ou 10 litres. Il faut donc
le réservoir contienne 10 litres. Son diamètre intérieur étant
9 pouces ou 0^m,24, la superficie de sa base sera 0^m²,0452, et sa
teur devra être, en conséquence, 0^m,221.

J'ai l'honneur d'être, etc.

A. FRESNEL.

N° XXIV⁶.

AUGUSTIN FRESNEL À M. WAGNER,

HORLOGER-MÉCANICIEN.

Paris, le 29 novembre 1822.

Monsieur,

J'ai enfin retrouvé les anneaux de l'ancien bec triple, et je viens de
sayer sur votre lampe. J'ai reconnu qu'on pouvait se borner, à la
teur, à y faire monter 2 livres d'huile par heure; mais alors la viva-
qu'il est nécessaire de donner au courant d'air rend les flammes un
agitées. Le peu d'espace que vous avez laissé au volant ne m'a pas

Lampes
mécaniques.

Entrepreneur de l'éclairage des phares de Hollande. Il était venu étudier à Paris le
eau système de phares, et avait proposé à son Gouvernement d'en faire un premier
par l'établissement d'un phare lenticulaire de deuxième ordre.

à faire monter dans le bec double; mais j'estime qu'on peut
à 1 livre les 700 grammes que je vous avais indiqués, en
un peu plus de hauteur à la cheminée. Il serait intéressant
d'exécuter le plus tôt possible une lampe à ressort portant un
candle dans la forme convenable aux usages domestiques. J'espère
le 10 du mois prochain, et pouvoir faire à l'arc de triomphe
l'essai définitif de votre machine de rotation et de votre
poids, en tenant celle-ci allumée pendant une nuit entière.
honneur, etc.

A. FRESNEL.

N° XXIV 7.

AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE,

INGÉNIEUR-OPTICIEN.

Paris, le 12 juin 1824.

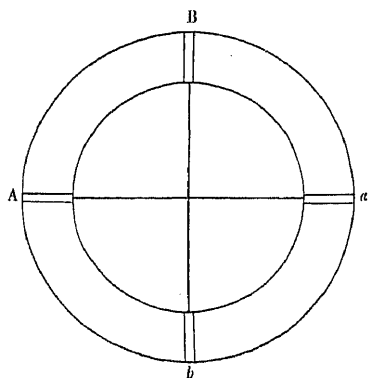
Monsieur,

Appris avec chagrin que tous vos collages de lentilles étaient à
terminés, et faits avec le lut de fromage et de chaux, qui est
se retirer et à se détacher du verre. Je vous avais cependant
depuis le retour de M. Tabouret^(a), que je l'avais chargé de
le collage une série d'expériences, et qu'il était prudent d'en
le résultat, puisque rien ne pressait pour vos grandes lentilles.
vous pu voir que le lut auquel il est arrivé par un tâtonnement
est bien plus tenace que le vôtre ou plutôt celui qu'on
enseigné à faire.

que vous m'avez communiqué, dernièrement, le procédé que
vous devez maintenant pour dresser et polir le côté plan de vos an-

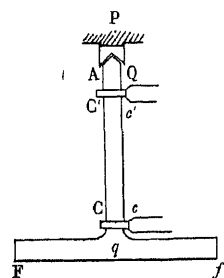
ducteur des ponts et chaussées, attaché à la Commission des phares. Après avoir
l'installation du grand appareil lenticulaire de la tour de Cordouan, il y avait
tant pour former les gardiens au nouveau service d'éclairage, que pour l'étudier
ses détails.

Je ne sais pas si je vous ai persuadé, mais je puis vous annoncer à l'avance que, si vous ne les suivez pas, vous aurez des anneaux mal centrés, et que vous ne ferez jamais de verres ardents bien corrects. Il ne faut pas se fier à ce que le plan est déjà assez bien dressé et que le bord de l'anneau a sensiblement la même épaisseur de tous les côtés; il est nécessaire que le mouvement du frottoir soit assujéti à des lois telles, qu'il tende à corriger les défauts du plan, si celui-ci en a, et à donner aux bords de l'anneau une épaisseur bien uniforme. Or, pour remplir ces conditions, il faut tout simplement : 1° après avoir donné rigoureusement la même épaisseur aux bords de l'anneau en quatre



points A, a, B, b, poser une règle suivant Aa et suivant Bb, et la mettre de niveau en tournant les vis qui serviront à caler la plaque sur laquelle vous aurez mastiqué votre anneau; 2° substituer un ressort au poids qui fait presser le frottoir contre l'anneau, afin que ce frottoir appuie plus sur les parties hautes du plan de l'anneau que sur les parties basses; 3° enfin mettre une petite vis d'arrêt pour empêcher, en cas de besoin, le frottoir de descendre trop bas, et d'user mal à propos les endroits assez rodés.

Le mécanisme me semblerait encore plus parfait, si, au lieu de ne presser le frottoir que par une pointe, autour de laquelle il peut s'incliner dans tous les sens, il était guidé par une queue AQ, qui tournerait en haut dans une crapaudine P pressée par le ressort, et serait maintenue dans le bas par un collier Cc. Je crois qu'un second collier fixe C'c' la maintiendrait encore mieux par le haut qu'une simple crapaudine. Vous voyez que, de cette manière, votre frottoir pourrait monter et descendre, sans s'incliner de droite ni de



ou en dehors de la circonférence, le frottoir, ainsi maintenu, à corriger ce défaut; tandis que, dans la disposition que vous imaginée, il n'a pas cet avantage. On réglerait les colliers fixes de manière que la queue du frottoir fût bien parallèle à l'axe c'est-à-dire verticale, en mettant un anneau sur une règle contre le plan *Ef*, que je suppose exactement perpendiculaire au frottoir.

Il vient à la pensée un moyen très-commode de régler le mastiquage des anneaux, dans le cas où vous en travailleriez plusieurs, et de bien caler la plaque qui les supportera; mais je ne puis vous l'expliquer clairement que de vive voix. Je vous invite à venir demain matin chez moi, ou lundi matin, entre 8 et 9 heures.

Quant au moyen de préserver le tain de vos glaces du contact de l'air humide, je crois toujours que le taffetas gommé serait préférable au papier imperméable. Il faudrait qu'il fût exactement collé sur les deux faces du verre, et non pas sur les bords du tain, bien entendu. Peut-être pourrait-il, pour arriver au même but, après avoir construit le cadre en bois très-sec passé à l'huile bouillante, de le vernir intérieurement de façon à en boucher parfaitement les fentes ou joints et les pores. Puis, la glace une fois posée, après avoir mis un peu de mastic sur les bords, en opérant à chaud, sur ses bords, pour la coller au cadre, on achèverait de boucher avec du mastic et du vernis les fentes du pourtour et celui qui sépare les deux morceaux de glace, de manière à fermer toutes les issues par lesquelles l'air humide pourrait passer derrière le tain.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'honneur, etc.

A. FRESNEL.

AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT.

Paris, le 26 juin 1825.

Monsieur,

M. Soleil se plaint avec raison que vos ouvriers n'apportent pas assez de soin dans le coulage de ses anneaux. J'ai remarqué chez lui un grand nombre de morceaux de verre qui ne peuvent pas servir, quoiqu'ils contiennent bien assez de matière, parce qu'ils ont été mal coulés. Dans les uns, le côté plan présente une forte inclinaison, qui rend les extrémités trop mince, tandis que l'autre est trop épaisse; dans les autres, les angles sont si défectueux que, en enlevant même une épaisseur de verre considérable, on ne pourrait pas obtenir une bonne arête.

Grâce aux dimensions exagérées des moules, la plupart des morceaux que vous avez envoyés présentent assez de largeur et d'épaisseur pour être rodés, quoique dans tous les arêtes soient extrêmement arrondies. Ne serait-il pas possible d'obtenir des arêtes plus vives et un coulage plus correct, en faisant chauffer les moules et refoulant même la matière dedans, s'il était nécessaire. Si l'on était sûr qu'avec un peu de soin on fit prendre exactement au verre la forme du moule, on pourrait employer des moules plus étroits, ce qui diminuerait le travail du rodage.

J'ai l'honneur d'être avec la considération la plus distinguée,

Monsieur,

Votre, etc.

A. FRESNEL.

Améliorations
réclamées
dans le coulage
et le moulage
des
éléments
des
lentilles.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY,

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Paris, le 25 juillet 1825.

Monsieur le Directeur général,

Administration des ponts et chaussées, ayant engagé M. Soleil à son atelier et les machines nécessaires pour la construction des verres enticulaires, a dû le charger exclusivement, pendant quelques jours, de cette fabrication. Mais actuellement que cet opticien se voit presque remboursé de ses avances par les sommes qu'il a reçues de l'Administration pour le paiement de ses fournitures, je crois qu'on ne saurait être injuste en établissant une concurrence, qui hâtera l'exécution des travaux nécessaires à l'éclairage des côtes de France et les perfectionnements dont ce genre d'industrie est encore susceptible. Quand M. Soleil ne ferait que le tiers des appareils qui restent à construire au prix qu'ils lui sont payés, il n'aurait pas lieu de se repentir de son entreprise; et, avec l'avance qu'il a sur ses concurrents, rien ne lui échappera d'en faire la moitié.

Il ne s'agit pas ici d'une invention de M. Soleil, qui serait exploitée par d'autres artistes; tout appartient à l'Administration : les combinaisons mécaniques des appareils, le calcul des dimensions et des courbures, la répartition de leurs parties, et les procédés d'exécution.

En cherchant parmi les artistes les plus habiles de Paris un homme capable d'entreprendre avec succès ce genre de travail, j'ai réfléchi que les connaissances mécaniques et l'expérience des ouvrages de précision étaient ici les conditions les plus nécessaires : c'est ce qui m'a conduit tout d'abord à M. Gambey, qui, jeune encore, s'est acquis une réputation européenne dans la construction des instruments de précision. Je lui ai demandé s'il entreprendrait volontiers la fabrication

presque assurée la fourniture de la moitié de ceux qui restent à construire. Après avoir pris quinze jours pour réfléchir sur ma proposition, il m'a répondu qu'il était disposé à contracter cet engagement avec l'Administration.

Vous avez approuvé mes démarches, Monsieur le Directeur général, la première fois que j'ai eu l'honneur de vous en parler, et récemment encore, lorsque la Commission des phares s'est occupée de cet objet, dans sa dernière séance. Vous avez pensé, avec M. Arago, qu'on ne pouvait pas confier à de plus habiles mains la construction de nos grands verres ardents, et que M. Gambey leur donnerait sur-le-champ toute la perfection dont ils sont susceptibles.

Il ne manque plus qu'une chose pour réaliser nos espérances : c'est un local où M. Gambey puisse établir les machines nécessaires à cette fabrication. Ce local est trouvé. C'est une petite partie des vastes bâtiments appartenant à l'administration de la Réserve de Paris, quai de l'Hôpital, n° 35. M. Gambey ne demande pas à y être logé gratis, mais à louer cette partie du bâtiment qui n'est pas occupée. Comme les frais de son nouvel établissement seront considérables, il désirerait contracter avec la ville un bail à long terme.

Avant qu'il fût question de confier la fabrication des phares à M. Gambey, M. Arago, dans le seul intérêt de la science à laquelle cet habile artiste fournit des instruments si précieux, avait déjà représenté à M. le Préfet [de la Seine] combien il serait important de faciliter l'agrandissement des ateliers de M. Gambey, en lui permettant de les placer dans ce local. Les observations de M. Arago furent accueillies favorablement. M. Busche, directeur de la Réserve, consulté sur ce sujet, répondit qu'il n'y voyait aucun inconvénient, et qu'il serait très-satisfait d'avoir un voisin tel que M. Gambey.

L'établissement des ateliers de M. Gambey dans ce local devant avoir une influence si importante sur la bonne et prompt exécution de nos phares, je suis persuadé que M. le Préfet lui accordera sa demande, surtout si elle est appuyée par votre recommandation.

M. le Préfet de la Seine pour l'engager à louer à M. Gambey, bail à long terme, la partie non occupée des bâtiments de la , dans laquelle il désire établir ses nouveaux ateliers ^(a).
s, etc.

A. FRESNEL.

N° XXIV ¹⁰.

RAPPORT

E DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,

ÉCESSITÉ DE CONSTRUIRE UN CINQUIÈME APPAREIL LENTICULAIRE DE PREMIER ORDRE ^(b).

[12 décembre 1825.]

Monsieur le Directeur général,

vos décisions en date du 29 novembre 1822 et du 17 novembre 1823, vous avez autorisé la construction de deux appareils du premier ordre, l'un de seize demi-lentilles, et l'autre grandes lentilles.

négociations entamées avec Gambey pour l'engager à concourir à la fabrication s lenticulaires demeurèrent sans résultat, au grand regret d'Augustin Fresnel. et ses espérances, quant au développement et au perfectionnement de la brillante qu'il avait créée, ne purent être réalisés que plusieurs années après sa mort, lors-voisement du budget de nos phares et les commandes de l'étranger eurent suffi-elargi le champ de la spéculation pour une fabrication nécessitant un matériel aussi

ix.
Rapport fait entrevoir les embarras administratifs qui résultaient pour Fresnel de ce du budget des phares et de l'impérieuse nécessité de soutenir l'atelier monté eil père pour la fabrication des appareils lenticulaires. Bien que cet atelier eût isé sur l'échelle la plus restreinte, ses produits s'accumulaient en magasin, en l'érection des édifices qui devaient les recevoir, et pour la plupart desquels il as même encore de programme définitivement arrêté.

la tour de l'île Planier, dont les travaux seront sans doute terminés vers la fin du printemps prochain.

L'appareil à huit lentilles, construit en dernier lieu, devait être placé sur cette tour, d'après le premier avis de la Commission des phares; mais elle a reconnu depuis que, la tour devant avoir peu de hauteur, les navigateurs ne pourraient pas profiter de toute la portée de ce feu, et qu'il vaudrait mieux y mettre un appareil de seize demi-lentilles; c'est d'ailleurs celui qui est indiqué maintenant pour ce point dans le tableau général de la distribution des différentes espèces de feux sur les côtes de France. Mais le même tableau place un appareil semblable au phare de Barfleur, l'un de ceux dont il est le plus urgent d'améliorer l'éclairage.

J'ai donc l'honneur de vous proposer, Monsieur le Directeur général, d'autoriser le sieur Soleil à construire un cinquième appareil composé de seize demi-lentilles, pour le phare de Barfleur.

Après avoir terminé le quatrième appareil, composé de huit lentilles, et qui pourra être placé à Belle-Île, cet opticien s'est occupé de la fabrication d'un appareil de seize demi-lentilles, dont une grande partie est déjà exécutée. L'approbation que vous donnerez à son travail, Monsieur le Directeur général, m'autorisera à vous présenter un état approximatif des ouvrages faits, et à vous proposer de lui faire donner un à-compte, dont il a grand besoin pour soutenir sa fabrique.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

AVIS DE LA COMMISSION DES PHARES,

Les membres soussignés de la Commission des phares sont d'avis :

- 1° Que le troisième appareil dioptrique, composé de seize demi-lentilles, et destiné d'abord au phare de Barfleur, soit placé sur la tour de l'île Planier, aussitôt qu'elle sera terminée;

commandé pour l'île Planier, soit réservé pour l'éclairage du
de Belle-Île;
qu'il est nécessaire d'ordonner la construction d'un cinquième
, composé de seize demi-lentilles, qui servira à illuminer le
cap de Barfleur.
le 12 décembre 1825.

N^o XXIV¹¹.

AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE.

Paris, le 30 mai 1826.

Monsieur,

l'honneur de vous prévenir que M. l'ingénieur en chef de la
espère terminer la construction du phare de Granville dans
nt de cette campagne, et qu'il faut en conséquence que l'ap-
éclairage soit prêt pour cet automne.

us prie donc de préparer des bassins pour le rodage des verres
ques, dont je fais faire les moules en ce moment, et que je
aler moi-même à la verrerie de Choisy.

rtie dioptrique de l'appareil formera un prisme vertical à base
ale de vingt côtés^(a). Il sera composé de sept rangées : une

t presque superflu de rappeler ici que Fresnel, aux débuts de cette fabrication,
obligé, à défaut d'équipages mécaniques pour la taille des verres sous forme
de composer les zones dioptriques de ses appareils à feu fixe d'éléments cylin-
disposés en polygone régulier.

appareil d'un mètre de diamètre intérieur, le nombre des côtés de chaque zone
avait été fixé à vingt, de même que celui des éléments de chaque zone catop-
conçoit d'ailleurs que, en observant, dans le montage de l'appareil, de faire corres-
milieux des miroirs aux méridiens passant par les angles du tambour diop-
pouvait atténuer les inégalités résultant, pour la distribution de la lumière sur
de la forme polygonale du système.

glaces de verres cylindriques au milieu et trois étages de prismes N° XXIV :
cylindriques au-dessus et au-dessous.

La rangée du milieu ou n° 1 aura 212^{mm} de hauteur.

La rangée n° 2 aura 54^{mm}.

La rangée n° 3 aura 42^{mm}.

La rangée n° 4 aura 38^{mm}.

Le rayon de courbure des verres sera :

pour le n° 1, 270^{mm};

pour le n° 2, 334^{mm} $\frac{3}{4}$;

pour le n° 3, 397^{mm};

pour le n° 4, 463^{mm}.

La longueur de chaque pan intérieur du polygone ou celle de chaque verre du côté plan sera de 153 millimètres.

J'ai l'honneur d'être, Monsieur, votre très-humble, etc.

A. FRESNEL.

P. S. Quant aux glaces courbes qui doivent former la partie réfléchissante de l'appareil, il est très-probable que je les ferai roder moi-même, afin de ne pas vous demander trop de choses à la fois, et de ne pas retarder surtout l'achèvement du phare de Chassiron ^(a).

^(a) Les premières glaces courbes, pour la partie accessoire des phares dioptriques du troisième ordre, furent en effet rodées et étamées dans l'atelier en régie originairement organisé pour la fabrication des petits fanaux catadioptriques destinés à l'éclairage des quais du canal Saint-Martin. (Voir le N° XXIV^e.)

AUGUSTIN FRESNEL À M. BONTEMPS,

DIRECTEUR DES VERRERIES DE CHOISY-LE-ROI.

Paris, le 4 août 1826.

Monsieur,

ardé quelques jours à vous répondre, désirant m'assurer aupara-
 i la matière de votre dernière fonte était aussi pleine de bulles
 ries qu'elle me l'a paru au premier abord. Pour cela, j'ai fait
 et polir deux facettes sur trois morceaux pris parmi ceux dont
 e paraissait le moins vilain, et j'ai reconnu que cette matière
 pas recevable. Je m'exposerais aux justes reproches de mon-
 stration en acceptant du verre aussi rempli de défauts, et peut-
 ai-je déjà mérités en recevant votre première fourniture, que
 décidé à ne pas faire employer.

y a que les anneaux du petit fanal qui seront travaillés, vu la
 é d'essayer promptement ce système^(a) d'éclairage de ville; d'ail-
 ette petite dépense ne regarde pas l'Administration des ponts
 ssées.....

l'honneur d'être, etc.

A. FRESNEL.

is ne reproduisons cet extrait de correspondance administrative que pour la date
 ise relativement à l'exécution des appareils catadioptriques destinés au canal Saint-
 ernière invention de Fresnel, sur laquelle ses manuscrits fournissent si peu de ren-
 ts.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER JEUNE,

OPTICIEN ^(a).

Paris, le 8 août 1826.

Monsieur,

Sans fixer le prix des glaces pour le premier appareil que vous consentez à exécuter, il est cependant nécessaire que je puisse indiquer la limite de la dépense, en proposant à M. le directeur général des ponts et chaussées de vous charger de ce travail.

M. votre frère m'a paru persuadé que ces glaces courbes coûteraient moins, proportionnellement à leur superficie, que les lentilles d'un pied carré qui vous avaient été demandées par un Anglais, et que vous lui avez vendues 25 francs. A la vérité, ces lentilles n'étaient pas étamées et recouvertes d'un papier imperméable, comme le seront nos glaces; mais l'étamage et le papier sont peu de chose : la grande dépense est le rodage. Or il devait être plus considérable et plus dispendieux pour des lentilles qui avaient au moins 5 centimètres d'épaisseur au centre, en supposant les angles très-minces. J'imagine bien qu'elles avaient été coulées dans des moules ou refoulées de manière à approcher de la forme lenticulaire; mais il devait toujours y avoir beaucoup plus de verre à enlever que sur nos glaces. La matière a dû vous coûter aussi beaucoup plus cher, en proportion des surfaces.

Ainsi en vous proposant, Monsieur, de vous engager à ne point

^(a) La connexité ici établie, et maintenue dans quelques-unes des pièces suivantes, entre la fabrication des *miroirs concaves* en glaces étamées et celle des *lanaux catadioptriques* (dits *feux de port*) semblerait être résultée de cette considération, que les anneaux catadioptriques à réflexion totale devaient tôt ou tard remplacer les zones accessoires de glaces courbes dans la composition des appareils d'éclairage maritime. On conçoit d'ailleurs que Fresnel n'eût pas hésité à provoquer immédiatement une amélioration d'un si haut intérêt, s'il se fût trouvé en mesure de la réaliser.

Fabrication
des
glaces courbe
et
des appareils
catadioptriques
de
feux de port

pour le premier appareil, le premier et le second qui pèsent
courbes étamées et recouvertes de leur papier imperméable,
vous accorder des conditions bien plus avantageuses que celles
marché relatif aux lentilles. D'après les essais que je viens de
le rodage de ces glaces, je me suis assuré que l'Administra-
rait les avoir à meilleur marché en les faisant faire par régie ;
persuadé que, après avoir exécuté le premier appareil, vous
vez qu'il vous est facile d'en diminuer le prix.

prie de me dire, Monsieur, si vous acceptez la condition de
passer, pour ce premier travail, le prix de 25 francs par pied
a que je puisse donner à la Commission des phares, dans sa
séance, tous les renseignements dont elle a besoin.

s désirez voir les plaques sur lesquelles j'ai fait coller les
le mode de suspension de ces plaques, ayez la complaisance
évenir du jour et de l'heure où vous viendrez chez moi, afin
us fasse conduire à l'atelier ^(a) par le conducteur qui a suivi

Il pourra vous mener aussi chez M. Touzet et vous expliquer
des anneaux [catadioptriques] que nous exécutons pour un
^(b), anneaux qui ressemblent tout à fait (aux dimensions près)
s feux de port que je vous ai proposé d'exécuter.

e des feux de port et ses calculs sont terminés depuis vingt
e vous l'expliquerai et vous donnerai la note de toutes les

r en régie qui, d'abord organisé au compte de la ville de Paris, pour la fabri-
etils fanaux catadioptriques destinés à l'éclairage des quais du canal Saint-
at, après diverses transformations, l'atelier et le dépôt central des phares.
mier fanal catadioptrique de 20 centimètres de diamètre fut exécuté dans l'ate-
ouzet, opticien, par M. Tabouret, conducteur attaché au service central des

e indication ressort une date intéressante à noter. Il en résulte que ce fut du
illet 1826 que Fresnel dressa le tableau pour la détermination du profil géné-
éments optiques de ses appareils de *feux de port*. Quant au tableau relatif aux
ils du canal Saint-Martin, il avait dû être calculé dès le mois de janvier pré-

Je ne pourrai vous faire de commande par écrit qu'après la prochaine réunion de la Commission des phares, qui aura lieu, j'espère, vendredi de la semaine prochaine.

J'ai l'honneur d'être avec une parfaite considération, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares.

A. FRESNEL.

N^o XXIV ¹⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER JEUNE,

OPTICIEN.

Paris, le 19 août 1826.

Monsieur,

La Commission des phares m'a autorisé, dans sa séance d'hier, à vous commander un feu de port et les glaces courbes nécessaires pour un phare de troisième ordre, sans fixer le prix d'avance. Elle apprécie les raisons qui vous empêchent de satisfaire à cette condition avant l'essai de la fabrication d'un premier appareil.

Je n'ai pas encore l'autorisation officielle de M. le directeur général des ponts et chaussées; mais, ayant reçu son approbation verbale, je dois pouvoir vous inviter, dès à présent, à commencer le rodage des glaces pour un phare du troisième ordre; car c'est la chose la plus pressée, deux appareils de cette espèce devant être établis incessamment, l'un à Granville, l'autre à Aigues-Mortes. Nous avons aussi un besoin pressant de feux de port, et il nous en faudra beaucoup. Pour le moment, nous ne vous en demandons qu'un, ainsi que vous le désirez.

Je joins à cette lettre le tableau des dimensions et des rayons de courbure des miroirs d'un phare du troisième ordre; j'ai indiqué aussi dans ce tableau leurs flèches de courbure, afin que vous puissiez juger

serait pas avantageux de faire tomber les glaces avant de
voulez bien passer chez moi demain matin, ou lundi matin,
nettrai l'épure du feu de port et les patrons en carton des
phare du troisième ordre. Vous serez sûr de me trouver
depuis 7 heures jusqu'à 10.

Je prie d'être avec une parfaite considération, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

Je dois vous rappeler que la limite d'erreur tolérée sur la
des glaces est d'un cinquantième, c'est-à-dire que je ne pour-
rai accepter celles dont le rayon de courbure différerait de plus
un cinquantième des longueurs fixées par le tableau ci-joint.

Quant à l'épaisseur des glaces, je désire qu'elle ne soit pas moindre
qu'un millimètre après le rodage, et n'excède pas quatre lignes. Il serait
bien pour l'encadrement que les glaces fussent à peu près toutes
de même épaisseur.

Quant aux surfaces courbes de chaque miroir soient sensiblement
correctes, mais je n'exigerai pas à cet égard plus de précision qu'on
a l'habitude dans le travail ordinaire des glaces de Saint-Gobain ^(a).

Les tentatives de Fresnel pour faire concourir MM. Jecker à la fabrication des phares
échouèrent sans résultat, ainsi que le constate le Rapport ci-après N° XXIV²¹ (II).
Après des essais infructueux, ces habiles artistes renoncèrent définitivement à s'enga-
ger dans une entreprise qui exigeait un outillage tout spécial, sans garantie de commandes
et en couvrant les frais.

RAPPORT

DE LA COMMISSION DES PHARES

SUR LES MOYENS D'ACCÉLÉRER ET DE PERFECTIONNER L'EXÉCUTION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

[22 août 1826.]

La Commission, ayant senti depuis longtemps que la concurrence entre deux fabricants était le moyen le plus sûr d'arriver à ce but, avait d'abord songé à M. Gambey, que ses procédés ingénieux et son rare talent pour la construction des instruments de précision ont mis au premier rang des artistes de l'Europe.

Mais, après avoir consenti à s'occuper de la fabrication des appareils optiques, M. Gambey a paru y renoncer, en indiquant une époque éloignée pour le commencement de ce travail, et en ne prenant pas même d'engagement positif à cet égard, à cause de ses autres occupations.

La Commission a dû chercher, en conséquence, à donner un autre concurrent à M. Soleil, puisqu'on ne pouvait plus compter sur M. Gambey, et elle a pensé que MM. Jecker, qui ont de grands ateliers bien outillés et une longue expérience des moyens d'exécuter en fabrique, étaient les artistes de Paris les plus capables de fabriquer les appareils optiques avec toute l'économie et l'exactitude désirables. Elle espère que par leur concours l'Administration pourra obtenir à la fois une diminution dans les prix et une exécution plus parfaite.

MM. Jecker, auxquels cette fabrication a été proposée, ne demandent pas mieux que de s'en charger; mais ils n'ont voulu arrêter aucun prix avant d'avoir exécuté un appareil, pour se rendre compte de la dépense.

général de commander à MM. Jecker un petit appareil len-
de feu de port et les glaces courbes d'un phare de troisième
ns fixer de prix d'avance. Ce travail est trop peu considérable
promettre en aucun cas les intérêts de l'Administration, et
cependant à MM. Jecker pour juger du prix qu'ils doivent
(a).

N° XXIV¹⁶.

AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE,

OPTICIEN.

Paris, le 31 août 1826.

Monsieur,

référé, hier au soir, les deux glaces que vous m'aviez apportées,
ont eu leur courbure fort exacte; l'erreur pour les côtés con-
caves n'est pas d'un centième; il y a une des
surfaces qui ont précisément le même foyer; dans
celui du côté concave qui est le plus long; mais la diffé-
rence n'est pas grande.

Le rodage se soutient à ce degré de précision, je n'aurai rien
à vous en commander. Il est cependant un autre genre d'exactitude sur le-
quel je tiens à vous rappeler votre attention : c'est le parallélisme approché des
surfaces, qui est plus facile à atteindre et *plus essentiel dans le sens
de la longueur des miroirs* que dans celui de leur largeur, parce que, dans
le défaut de parallélisme ne fait diverger qu'horizontalement
les rayons réfléchis à la première et à la seconde surface du miroir;
et la séparation des images suivant le sens de sa longueur les
augmente dans le sens vertical; en sorte que, en inclinant le miroir
pour faire diriger les rayons de la surface étamée vers l'horizon, on

des deux lettres précédentes (13) et (14) d'Augustin Fresnel à MM. Jecker.

mière surface. Sans doute ils sont beaucoup plus faibles que les autres, pour l'incidence perpendiculaire; mais ils ne sont point à négliger dans les incidences très-obliques, telles que celles surtout des miroirs numéros 5, 6, 7, 8, 9 et 10. Je vous invite donc, Monsieur, à ne rien négliger pour donner une épaisseur bien uniforme à chaque miroir, particulièrement dans le sens de la longueur.

J'ai calculé les rayons des miroirs rodés à la Réserve de Paris, et je les ai trouvés moins inexacts que je ne le supposais. Sur les quatre que j'ai essayés, il n'y en avait qu'un qui ne fût pas recevable; encore la différence de longueur de son rayon n'excédait-elle que de 4 centimètres l'erreur tolérée d'un cinquantième; mais il suffit qu'elle l'excède de 1 centimètre pour qu'un miroir ne soit pas recevable.

Il est évident que ces inexactitudes observées sur la courbure de ces miroirs depuis qu'ils sont décollés tiennent aux différences d'épaisseur du mastic, qui étaient fort grandes, à cause de la fausse courbure que les glaces avaient prise dans le bombage. Je crois toujours l'armature fort bonne et capable de donner des résultats très-satisfaisants, surtout quand on aura achevé de roder les plaques de fonte.

Il y a, je crois, plusieurs ciments qui mordent très-bien sur le fer et ne se ramollissent pas au feu : on pourrait peut-être en appliquer une couche mince sur chaque plaque, pour avoir une surface plus facile à roder.

J'ai l'honneur d'être, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER,

OPTICIEN.

[Analyse faite par l'auteur.]

Paris, le 7 septembre 1826.

par cette lettre, M. Jecker à commencer promptement le
 s miroirs courbes du phare du troisième ordre, pour s'assu-
 moyen ordinaire du bassin qu'il veut employer lui donnera
 res avec un degré d'exactitude suffisant. Je lui exprime mes
 e le succès de cette méthode, appliquée aux miroirs du pre-
 e, dont la courbure est très-légère.

age à suivre pour le *feu de port* les procédés que nous em-
 en régie] pour le rodage des anneaux du *petit fanal de ville*,
 offre de le faire aider, dans l'établissement de son tour et de
 ts, par M. Tabouret.

représente de nouveau l'inutilité de construire un tour aussi
 celui dont il m'avait parlé.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY,

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES.

Paris, le 7 septembre 1826.

Monsieur le Directeur général,

onneur de vous adresser en double expédition un mémoire
 Dunand, serrurier, relatif à la construction d'une grande ar-
 a fer qui vient de servir à une expérience sur le rodage des
 rbes des appareils d'éclairage. Cette expérience avait pour
 érifier d'abord si le procédé que j'avais conçu pouvait assurer

roder chaque miroir, afin de pouvoir donner à la Commission des phares des renseignements positifs sur le prix qu'on devait accorder aux fabricants pour ce genre de travail. Cette expérience a été sans doute un peu dispendieuse, mais il était difficile de la faire à moins de frais, et les résultats obtenus ne font point regretter la dépense.

Je me suis assuré qu'avec l'armature en question on obtenait sûrement toute la précision désirable dans le degré de courbure des glaces, que ce rodage n'était pas très-coûteux. Je suis en mesure maintenant de donner à la Commission les renseignements nécessaires pour fixer le prix de ces miroirs. Si les demandes des fabricants n'étaient pas assez modérées, malgré la concurrence qui vient d'être établie, l'Administration pourrait, à la rigueur, faire exécuter les miroirs courbes par régie, car elle a encore retiré cet avantage de notre expérience, que les conducteurs attachés à la Commission des phares se sont mis au fait des détails des moyens employés par les opticiens pour roder et polir le verre.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

N° XXIV¹⁹.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER,

OPTICIEN.

Paris, le 9 décembre 1826.

Monsieur,

J'ai mesuré, hier au soir, la longueur focale de vos deux glaces concaves, et j'en ai conclu par un calcul très-simple la longueur des rayons de courbure. Pour les surfaces antérieures, c'est-à-dire les surfaces non étamées, elle est dans l'une et l'autre de 4^m,408. Quant à la surface étamée, qui est la plus importante, puisqu'elle réfléchit beaucoup plus de lumière que l'autre, son rayon de courbure aurait été 4^m,527 dans le miroir n° 1, et 4^m,560 dans le miroir n° 2, ce qui in-

Inexactitude
de
la courbure
des
glaces rodées
par M. Jecker.
Armature
des
phaux de port.

le procédé que vous avez employé, qui a l'inconvénient de rodage de ces glaces courbes beaucoup trop dispendieux, a eu de donner des courbures très-inexactes.

Comme vous me le faisiez observer vous-même, je pense qu'il est bon de vous m'envoyiez la note de la dépense occasionnée par cet ouvrage que vous avez entrepris pour votre instruction et votre satisfaction particulière. Ce n'est pas le moyen que je vous avais conseillé, et je vous rappelle sans doute que je n'aurais pas bien du succès. Je n'ai point assez l'expérience de votre art pour trancher des questions de ce genre et vous prescrire les procédés que vous devez employer. Je dois me borner à vous communiquer les réflexions que me suggère le raisonnement et la géométrie. Je vois par cet exemple que l'on n'a pas à avoir quelque confiance dans leurs indications.

Permettez-moi de vous demander, Monsieur, quel est le prix de la monture que vous avez faite pour le modèle des *feux de port*; j'aurais voulu en avoir de le connaître, parce que, s'il était trop élevé, je ferais le projet d'une monture plus simple.

Il me fait un grand honneur d'être avec une parfaite considération, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

Je vous engage, Monsieur, à vous occuper le plus tôt possible de la disposition des cadres des glaces, dont je vous ai donné le dessin, et à faire connaître le prix aussitôt que vous aurez pu le fixer. Il faut en tenir beaucoup à trois choses pour ces cadres : à la solidité, à la précision et à l'économie.

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROAD,

FABRICANT DE CÉRUSE, À CLICHY^(a).

Paris, le 17 décembre 1826.

Monsieur,

L'Administration des ponts et chaussées s'occupe en ce moment des moyens de hâter l'exécution des appareils destinés à l'éclairage des phares. Le travail consiste principalement en des rodages de verres. On pourrait l'accélérer et y apporter une économie notable, en employant pour moteur une machine à vapeur, ou plutôt une petite partie de sa force. Tous les tours de l'atelier de M. Soleil, qui sont assez nombreux, sont mus par un seul cheval, et le manège fait encore marcher en sus le va-et-vient d'une machine à roder des glaces.

Nous avons besoin d'une grande quantité de glaces courbes pour nos appareils^(b), et je désirerais les faire roder par le procédé le plus économique. M. Darcet m'a dit que la machine à vapeur de votre fabrique de Clichy avait assez de puissance pour qu'il vous fût possible de céder et de louer à notre administration une petite fraction de sa force, telle qu'un *cheval* ou un *demi-cheval*. Votre amitié pour mon oncle^(c) m'enhardit dans la démarche que je fais auprès de vous, Mon-

Emprunt
temporaire
d'une
partie de la force
de
la machine à vapeur
de
M. Road,
pour un essai
de rodage
des
glaces courbes.

^(a) Nous reproduisons cette lettre comme offrant quelques renseignements intéressants sur les dernières tentatives de Fresnel pour améliorer et accélérer la fabrication des pièces optiques de ses appareils d'éclairage.

^(b) Les prix relativement très-élevés des pièces dioptriques, et surtout les progrès incessants de la maladie de langueur à laquelle Fresnel allait bientôt succomber, peuvent expliquer pourquoi il ne renonça pas dès lors aux *zones polygonales de miroirs*, pour y substituer des *zones catadioptriques* à réflexion totale, sinon *annulaires* (comme celles des petits fanaux du canal Saint-Martin), du moins *polygonales*.

^(c) Léonor Mérimée, peintre, secrétaire perpétuel de l'École des beaux-arts.

e.
le procédé que vous avez employé, qui a l'inconvénient de
rodage de ces glaces courbes beaucoup trop dispendieux, a
lui de donner des courbures très-inexactes.

ue vous me le faisiez observer vous-même, je pense qu'il est
e vous m'envoyiez la note de la dépense occasionnée par cet
e vous avez entrepris pour votre instruction et votre satisfac-
eulière. Ce n'est pas le moyen que je vous avais conseillé, et
rappelez sans doute que je n'augurais pas bien du succès.
ai point assez l'expérience de votre art pour trancher des
de ce genre et vous prescrire les procédés que vous devez
e dois me borner à vous communiquer les réflexions que me
le raisonnement et la géométrie. Je vois par cet exemple
t avoir quelque confiance dans leurs indications.

lié de vous demander, Monsieur, quel est le prix de la mon-
ivre que vous avez faite pour le modèle des *feux de port*; j'au-
n de le connaître, parce que, s'il était trop élevé, je ferais le
ne monture plus simple.

onneur d'être avec une parfaite considération, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire de la Commission des phares,

A. FRESNEL.

e vous engage, Monsieur, à vous occuper le plus tôt possible
cation des cadres des glaces, dont je vous ai donné le dessin,
n faire connaître le prix aussitôt que vous aurez pu le fixer.
ns beaucoup à trois choses pour ces cadres : à la solidité, à
é et à l'économie.

N° XXIV²⁰.

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROARD,

FABRICANT DE CÉRUSE, À CLICHY^(a).

Paris, le 17 décembre 1826.

Monsieur,

L'Administration des ponts et chaussées s'occupe en ce moment des moyens de hâter l'exécution des appareils destinés à l'éclairage des phares. Le travail consiste principalement en des rodages de verres. On pourrait l'accélérer et y apporter une économie notable, en employant pour moteur une machine à vapeur, ou plutôt une petite partie de sa force. Tous les tours de l'atelier de M. Soleil, qui sont assez nombreux, sont mus par un seul cheval, et le manège fait encore marcher en sus le va-et-vient d'une machine à roder des glaces.

Nous avons besoin d'une grande quantité de glaces courbes pour nos appareils^(b), et je désirerais les faire roder par le procédé le plus économique. M. Darcet m'a dit que la machine à vapeur de votre fabrique de Clichy avait assez de puissance pour qu'il vous fût possible de céder et de louer à notre administration une petite fraction de sa force, telle qu'un *cheval* ou un *demi-cheval*. Votre amitié pour mon oncle^(c) m'enhardit dans la démarche que je fais auprès de vous, Mon-

Emprunt
temporaire
d'une
partie de la force
de
la machine à vapeur
de
M. Roard,
pour un essai
de rodage
des
glaces courbes.

^(a) Nous reproduisons cette lettre comme offrant quelques renseignements intéressants sur les dernières tentatives de Fresnel pour améliorer et accélérer la fabrication des pièces optiques de ses appareils d'éclairage.

^(b) Les prix relativement très-élevés des pièces dioptriques, et surtout les progrès incertains de la maladie de langueur à laquelle Fresnel allait bientôt succomber, peuvent expliquer pourquoi il ne renonça pas dès lors aux *zones polygonales de miroirs*, pour y substituer des *zones catadioptriques* à réflexion totale, sinon *annulaires* (comme celles des petits fanaux du canal Saint-Martin), du moins *polygonales*.

^(c) Léonor Mérimée, peintre, secrétaire perpétuel de l'École des beaux-arts.

et le double va-et-vient serait mû par votre machine à vapeur. Le mécanisme occuperait peu de place. Il n'aurait qu'un mètre en carré. Avec un demi-mètre autour pour circuler, il n'exigerait guère qu'une place carrée. Quant à la force nécessaire, elle serait très-petite : celle de deux ou trois hommes.

Si notre essai réussissait, on pourrait ajouter à la première, dans le cas où vous n'y verriez point d'inconvénient, une seconde et même une troisième machine à roder, pour accélérer le travail. Peut-être après l'avoir examiné, vous jugeriez avantageux pour vous de vous en charger, et de conclure à cet égard un marché avec l'Administration des ponts et chaussées, ce qu'elle préférerait sans doute à une rétribution. Suivant ce travail pendant quelques jours, votre chef d'atelier se familiariserait au fait de tous les détails et en état de le diriger lui-même. Je n'oubliais de vous dire, Monsieur, que nos rayons de courbure pour les glaces des phares du troisième ordre ayant de 8 à 13 pieds de diamètre, et la table qui doit porter les glaces devant avoir 2 ou 3 pieds de hauteur, il faudrait que nous pussions fixer le centre le plus éloigné de 15 ou 16 pieds au-dessus du sol. J'ignore si le plancher de votre atelier est assez haut, ou si vous pourriez y pratiquer une petite ouverture pour laisser passer la partie supérieure de notre rayon. Il est soutenu dans quatre barres de fer réunies en pyramide quadrangulaire, et dont le va-et-vient n'aura guère en bas que 30 à 40 centimètres de course dans les deux sens.

Je vous prie, Monsieur, d'avoir la bonté de me répondre le plus tôt possible. Je serais allé à Clichy vous faire ma proposition de vive voix, si je n'étais retenu ici par un rhume et des occupations pressantes.

J'ai, etc.

N° XXIV²¹.

I.

EXTRAIT DU PROCÈS-VERBA
DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES

DU 29 DÉCEMBRE 1826.

Présents à la séance :

MM. ROLLAND, SGANZIN, DE ROSSEL, BEAUTEMPS-BEAUPRÉ, ARAGO

. M. Fresnel rend compte à la Commission d
cès des essais commencés par MM. Jecker pour le rod
courbes des phares du troisième ordre; il propose de
par régie des *glaces courbes* et des *feux de port*, sous la s
MM. Boulard et Tabouret, conducteurs attachés à la Cor
un local que M. le Préfet de la Seine veut bien prêter à

La Commission adopte la proposition et décide qu'elle
à l'approbation de M. le Directeur général.

II.

[2^{ME}] RAPPORT

DE LA COMMISSION DES PHARES

SUR LES MOYENS DE HÂTER LA FABRICATION DES FEUX DE PORT ET DES GLACES COURBES

DES APPAREILS LENTICULAIRES,

ET D'ACQUÉRIR LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR EN ÉVALUER LES PRIX.

[Séance du 29 décembre 1826.]

Les essais de MM. Jecker, relativement au rodage des glaces courbes, et les essais sur les appareils du troisième ordre, n'ont point encore produit de résultats satisfaisants, ni sous le rapport de l'exactitude d'exécution, ni sous celui de l'économie des prix.

Quant aux feux de port, ces artistes n'en ont encore fait qu'un essai, avec un modèle en bois et la monture en cuivre qui doit porter les anneaux de la glace de verre.

Le travail de ces anneaux est compliqué et présente des difficultés que les artistes ont été surmontées dans la fabrication d'un appareil presqu'égal à celui que M. Fresnel a présenté à la Commission, et qui a été exécuté sous sa direction par M. Tabouret, conducteur des pontonniers. Cet appareil a été construit d'après la demande de M.

Commission, suivrait le rodage des glaces courbes des troisième ordre de Granville et d'Aigues-Mortes. Ce travail est confié, sous la direction de M. Fresnel, dans un local qui le Gouvernement de la Seine veut bien lui prêter.

Cette régie aurait le double avantage : 1° de hâter l'exécution des feux de port et des glaces courbes du troisième ordre, qui sont au pressant besoin; 2° de procurer des données positives sur le travail en main-d'œuvre.

Ces renseignements fournis par l'expérience procurent à la Commission le moyen d'évaluer les prix que l'Administration des Ponts et Chaussées peut accorder aux fabricants dans les marchés à passer avec eux pour la fourniture des appareils destinés à servir aux phares. Car on ne peut guère espérer d'obtenir de la part des fabricants ainsi qu'une bonne et prompte exécution de ces appareils sans adresser une commande assez considérable pour indemniser les fabricants des frais d'établissement des machines nécessaires au rodage des glaces. D'un autre côté, l'Administration ne peut pas contracter des marchés aussi étendus sans avoir fixé les prix d'avance.

M. Fresnel pense que six mois suffiront pour fournir les renseignements dont on a besoin, et que, en prolongeant jusqu'à la fin de l'année, on sera certain de couvrir le coût de l'établissement des machines. La Commission est aussi d'avis que le travail par régie soit commencé dès à présent et continué jusqu'à la fin de l'année 1827^(a), ou même plus longtemps encore, si l'expérience montre qu'il offre une économie sensible.

faire ce travail par régie, sous la surveillance de MM. Boulabouret, conducteurs des ponts et chaussées^(a). Elle est d'avis de la régie pendant toute l'année, afin de couvrir la dépense pour l'établissement des machines; mais elle espère que quelques-uns viendront pour lui donner sur les prix de main-d'œuvre les renseignements qui lui manquent, et sans lesquels elle ne saurait juger si les prix des fabricants sont raisonnables ou exagérées.

Paris, le 29 décembre 1826.

N° XXIV²².

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROARD ^(b).

Paris, le 30 décembre

Monsieur,

M. Gambey, à qui j'ai fait la proposition dont je vous avais parlé, ne peut pas l'accepter, étant obligé de donner tout son temps à ses travaux habituels, et ne voyant pas dans cette spéculation un avantage assez considérable pour le décider à les négliger momentanément. D'un autre côté, la nécessité de construire un atelier pour placer la machine à vapeur de M. votre frère entraînerait l'Administration des ponts et chaussées dans une dépense qui ne se trouverait compensée qu'autant que la régie produirait une grande économie et se maintiendrait assez longtemps. Cette condition de poursuivre le travail

quelques années serait d'ailleurs nécessaire à remplir pour que mon frère pût nous donner la préférence sur le fabricant qui vous a fait des offres en ce moment. Or je sens que je n'ai ni assez de santé pour me charger d'une régie de moulins, et vous prie donc, Monsieur, de prévenir M. votre frère de ne pas pour le moment à roder nos verres à l'aide d'une machine, et qu'il doit considérer ma proposition comme non avenue.

Les petits essais de rodage par régie que la Commune de Paris m'a autorisé à commencer vont se faire à bras d'homme dans le local que M. le Préfet de la Seine veut bien nous prêter.

J'ai, etc.

A. FRESNEL

N° XXIV²³.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER

OPTICIEN ^(a).

Paris, le

Monsieur,

Ce n'est point le prix des moules en fonte brute, et non tournés, comme vous le désirez, que je vous avais proposé. Il me semblait cependant m'être bien expliqué sur ce point.

Vous pensez que, en tournant les moules pour en faire une plus unie et plus correcte, vous obtiendrez sur le rodage

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAI- RAGE

N^o XXIV²¹. faire ce travail par régie, sous la surveillance d'un
bouret, conducteurs des ponts et chaussées^(a). Elle
la régie pendant toute l'année, afin de couvrir
l'établissement des machines; mais elle espère qu'il
arrivera pour lui donner sur les prix de main-d'œuvre
qui lui manquent, et sans lesquels elle ne saura
des fabricants sont raisonnables ou exagérées.

Paris, le 29 décembre 1826.

N^o XXIV²².

AUGUSTIN FRESNEL À M. FRESNEL

Monsieur,

Emprunt
d'une
force motrice
pour le rodage
des
lances courbes, etc.

Désistement
de
M. Gambey.

M. Gambey, à qui j'ai fait la proposition de
ne peut pas l'accepter, étant obligé de donner
travaux habituels, et ne voyant pas dans cette
fice assez considérable pour le décider à les négocier.
D'un autre côté, la nécessité de construire un
la machine à vapeur de M. votre frère entraînera
des ponts et chaussées dans une dépense exorbitante.

FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

quelques années serait d'ailleurs nécessaire à remplir pour que mon frère pût nous donner la préférence sur le fabricant qui nous a fait des offres en ce moment. Or je sens que je n'ai ni assez de santé pour me charger d'une régie de fabrication, et vous prie donc, Monsieur, de prévenir M. votre frère pour le moment à roder nos verres à l'aide d'une machine, et qu'il doit considérer ma proposition comme non avenue.

Les petits essais de rodage par régie que la Commission m'a autorisé à commencer vont se faire à bras d'homme dans le local que M. le Préfet de la Seine veut bien nous prêter.

J'ai, etc.

A. FRESNEL

N° XXIV²³.

AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER

OPTICIEN ⁽²⁾.

Paris, le

Monsieur,

Ce n'est point le prix des moules en fonte brute, mais le prix des moules tournés, comme vous le désirez, que je vous envoie.

PHARES ET APPAREILS D'ÉCL.

N^o XXIV²³. une économie de main-d'œuvre qui vous permette de faire des *feux de port* à meilleur marché. Eh bien, ayez la bonté de faire savoir à peu près combien coûteraient ensemble les moules nécessaires pour un *feu de port*, en apportant dans ces moules tous les perfectionnements et toutes les améliorations qui paraissent utiles au succès de la chose.

Je vous prie, Monsieur, de me dire en même temps si vous pourrez nous livrer les cadres pour les glaces colorées que j'ai donné le dessin.

J'ai l'honneur d'être, etc.

A

N^o XXIV²⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BOULEY

DIRECTEUR DES VERRERIES DE CHOISY-LE-ROI.

Monsieur,

Fourniture
de
verre brut

Le prisme que vous m'avez envoyé comme un essai de verre de soude m'a paru très-beau quant à l'homogénéité. Il n'y a rien de mieux que le verre de soude pour la fabrication des prismes.

FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCART

potasse. Il me semble que, en choisissant en outre des chaux bien exempts d'oxyde de fer, rien ne vous empêchera de tenir une matière blanche.

Je vous prie de me dire votre avis sur cette opération que vous aurez essayé ce que je vous propose, si vous le jugez nécessaire.

J'ai l'honneur, etc.

A.

N° XXIV 25.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEREL

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Pa

Monsieur le Directeur général,

J'ai fait des avances assez considérables pour l'établissement des machines de l'atelier destiné aux travaux en régie, que vous m'avez indiqués. Deux ouvriers ont commencé à y travailler depuis le 1^{er} courant. Leur nombre sera bientôt porté à huit. Vous jugerez, Monsieur le Directeur général, que les sommes nécessaires

PHARES ET APPAREILS D'É

N^o XXIV²⁵. vous sera rendu compte, à la fin de chaque m
général, de l'emploi de ces fonds ^(a).

Je suis, etc.

^(a) L'organisation de cet atelier d'essai fut la principale
Fresnel, et les résultats, qu'il put à peine entrevoir, dépasser
rapport de l'économie et de la perfection des ouvrages. Inde
que devaient finalement remplacer les anneaux de verre à r
sous l'intelligente et active conduite de M. Tabouret, se tro
quer les appareils catadioptriques de quatrième ordre de
les plus urgents de l'éclairage des entrées de ports. Ces
l'Administration à maintenir pendant quelques années enco
pense était largement couverte par les produits, et qui c
comme dépôt central des phares.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PH

XXV.

EXTRAITS

DE

LA CORRESPONDANCE D'AUGUSTIN
RELATIVE AUX PHARES ^(a).

N° XXV ¹.

AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE

Par

..... Je suis, depuis quelques jours, *adjoint* à l
phares ^(b), comme me dit poliment le bon M. Sganzi

..... J'ai déjà commencé à m'occuper des pré
riences, et du projet d'une petite charpente que je
l'arc de triomphe de l'Étoile, pour établir dessus la

N° XXV ¹. mais il est tout simple que, en ma qu
chargé de l'ennui de ces petits détail

Fresnel
est appelé
à la chaire
de
physique
de l'Athénée.

Arago, que les administrateurs d
choix d'un remplaçant [de M. Tréme
et je me suis laissé engager par les
vocation que je me trouve pour le
que c'est cependant celui qui peut
la science, et combien il serait impo
nouvelle carrière. Si je ne réussis pa
retraite. D'après ce qu'on m'a dit
très-bénévole et qui se contente de p
programme, et bavarderai comme b
bien des choses commodes, surtout
que le beau monde qui m'écouterà
commencement de l'automne, je cr

Il demande
à être remplacé
au cadastre
du
pavé de Paris.

Nous devons demander, Arago et
soit chargé de mon cadastre [du pa
faire des expériences sur les quinqu
que nous n'ayons de la peine à l'ob
travaux de Strasbourg, où Duleau
l'Institut, l'extrait d'un travail très-i
Arago aura soin de dire cela à M. I

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PH.

N° XXV².

AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE L.

Paris.

. M. Sganzin, qui va partir pour une tournée de quelques semaines, me charge de la partie de sa correspondance relatives aux phares, autant du moins que M. de Fresnel remet son portefeuille, aura besoin de mes avis.

Ces deux messieurs ont été éblouis du spectacle que j'ai donné, lundi dernier, de ma lentille ^(a), au foyer de laquelle se trouve notre bec quadruple, qui fait l'effet et la dépense de vingt becs à pétrole. Je leur ai fait observer que le problème n'était pas résolu de la manière la plus satisfaisante relativement à la consommation d'huile. Mais M. de Rössel m'a répété que peu à cette économie, et que l'essentiel était d'avoir un bon feu.

En doublant la surface de la lentille, qui n'est que de 1000 pouces carrés, l'ouverture des grands réflecteurs, on aurait, avec la même consommation d'huile, des effets beaucoup plus puissants, et, sous le rapport de l'économie d'huile, ce système de phares ne le céderait pas

N° XXV³.N° XXV³.

AUGUSTIN FRESNEL À SON FR

Expérience
sur
les effets
d'une
grande lentille
échelonnée,
comparés
à ceux
des
grands réflecteurs
de Lenoir
et
de Bordier-Marcet.

..... Nous avons fait, vendredi dernier, c
expérience comparative des grands réflecteurs
Marcet avec la nouvelle lentille^(a) que vient
Nous avons eu un temps assez favorable, qu
porter malheur, puisque c'était à la fois un ver
Il fallait être un esprit fort pour choisir un pa

Les feux que l'on comparait étaient placés
ouest de l'Observatoire, et les spectateurs éta
en avait beaucoup, outre les membres de la
M. de Rossel y a remarqué beaucoup de m
excepté M. Lenoir, est convenu de la supérieo
M. Bordier-Marcet a annoncé à M. Becquey qu
tôt un feu beaucoup plus brillant que celui de
n'a pas paru ajouter grande foi à sa promesse.

M. Becquey a été enchanté de l'effet de la
écrit M. de Rossel et M. Sganzin. Il désire ann

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

de beaucoup de personnes. Ce n'est pas que je veuille
longtemps ; mais je craindrais, si nous leur faisions
tail notre mode de construction, qu'ils n'allassent
en besogne et n'eussent un phare de cette espèce ét

J'espère d'ailleurs perfectionner encore nos lentilles
des surfaces annulaires au lieu de portions de surface
indiqué pour cela, à M. Soleil, un mécanisme, que l'on
moment ^(a) : l'essai qu'il a déjà fait, avec un appareil
nous assure du succès. Il a douci et poli une surface
cutant avec exactitude.

Ce perfectionnement des lentilles, qui sera déjà
pour les phares, augmentera dans une bien plus
l'effet de ces lentilles comme verres ardents.

Aussitôt que j'en aurai une construite en surface
l'essayerai au soleil, en la plaçant sur le grand héliostate.
Je suis persuadé qu'elle produira des effets
propose de faire, à l'aide de ce puissant instrument
d'expériences physico-chimiques.

J'ai promis à M. de Rossel de lui remettre lundi
mande M. Becquey ; ainsi elle ne tardera pas à paraître
teur. Je vais aller consulter Arago sur sa rédaction.

Je ne sais si c'est l'état de malaise [où je me trouve

LE CONTRE-AMIRAL DE ROSSEL À AU

Essai
d'un phare
lenticulaire
en
présence
de
M. Becquey.

J'ai l'honneur de saluer Monsieur Fresnel, et de luy dire que M. Becquey m'a parlé hier du phare à lentilles et m'a demandé l'assurance de commencer bientôt les expériences. Je lui ai répondu d'une manière générale. Ma réponse ne l'a pas entièrement satisfait; j'ai insisté pour que je lui en fisse connaître l'époque. Comme je ne la connais pas moi-même, je lui ai promis de lui en faire connaître l'état des choses, et c'est pour savoir précisément à quelle époque m'adresse à Monsieur Fresnel.

M. Becquey va quitter Paris dans trois semaines. Il est très-bien née dans les départements; il désire, mais très-vivement, aller à lentilles avant de partir. Je crois qu'il serait du plus grand avantage de le contenter sur ce point, s'il est possible; mais je ne puis que je voulais moi-même vous parler, ou du moins vous en faire de dire, mercredi, à M. Becquey ce qui aura lieu, et ne pas en erreur. Je craindrais de vous déranger; ainsi, je vous en pourra me transmettre votre opinion, vous pourrez en faire avec vous concerter avec lui. J'irai aujourd'hui, probablement

N° XXV⁵.

AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE LÉON

Paris, le

.....

Le phare lenticulaire qui est placé, depuis une di
sur l'arc de triomphe de l'Étoile, et que nous avons d
fois, a eu aussi l'honneur d'attirer l'attention d'un grand
nêtes Parisiens. La Commission des phares a déjà fai
expérience sur la portée des éclats, qui est très-grand
d'en faire encore plusieurs autres. M. Becquey atten
roi à Paris pour lui en donner le spectacle. Je vois qu'o
et qu'on ne se pressera pas de l'envoyer à Bordeaux,
arrivera toujours assez tôt, puisque ce n'est qu'au 1^{er}
qu'il sera substitué à l'ancien appareil de la tour de Cor

Les beaux dessins de cette tour que M. Wiotte^(a) nou
rendu inutile mon premier voyage à Bordeaux, et je n'
prochaine, pour l'installation du phare.

J'espère que de lundi en huit, ou le lundi suivan

PHARES ET APPAREILS D'ÉCL.

N° XXV⁶.

N° XXV⁶.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MAR.

ENTREPRENEUR DE L'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE HOLL.

Monsieur,

Essais comparatifs
de
l'huile de baleine
et
de l'huile de colza,
avec
une lampe
à trois mèches
concentriques.

J'ai tardé à vous écrire, espérant toujours que
river à Paris. Des travaux très-pressants, et qui
interruption depuis plusieurs mois, ont d'ailleu
temps et me rendaient très-paresseux à écrire d
relâche. Enfin je suis tombé malade peu de te
votre huile, et ce n'est que depuis trois jours q
à la mettre en expérience.

J'ai employé un bec portant trois mèches conc
à celui que vous avez commandé. Si j'avais eu
employé le bec quadruple; mais je regarde l'exp
concluante avec le bec triple. Les mèches étaien
exposées à l'air et à l'humidité depuis plus d'un a
dernièrement imprégnées d'huile depuis deux mo

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES.

J'ai tenu le bec triple allumé d'abord pendant trois heures, en soulevant souvent et longtemps monter les flammes au-dessus de la cheminée, puis je l'ai rallumé le lendemain, sans avoir mouché les mèches. J'ai fait durer la combustion pendant onze heures et demie : les mèches ont été exposées à une combustion de quatorze heures, sans qu'il ait été nécessaire de les moucher. Les flammes ont éprouvé à plusieurs reprises une tendance à baisser; mais il suffisoit pour les allonger, de hausser un peu les mèches, ou (ce qui réussoit beaucoup mieux) de diminuer un peu le courant d'air de la cheminée en l'obturateur. Enfin, quand j'ai éteint le bec, j'aurais pu continuer ce moyen à avoir encore d'assez belles flammes pendant plusieurs heures. Le haut des mèches étoit cependant très-calciné, au point que les couronnes de charbon se sont cassées en plusieurs endroits, lorsque j'ai abaissé les mèches pour les éteindre. Ce charbon décoloré par l'huile de baleine pendant sa combustion m'a paru plus altéré et surtout plus dur que celui que laisse l'huile de colza, ce qui est sans doute à la nature animale de celle-là; car on sait que les charbons provenant de la combustion des matières animales sont plus faciles à incinérer que ceux des végétaux, à cause du phosphate de chaux qu'ils contiennent; et quoique les huiles soient les substances animales qui diffèrent le moins des substances végétales, il peut-être qu'elles conservent encore un peu du caractère dont je viens de parler, c'est à dire qu'elles contiennent un peu de phosphate de chaux.

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N° XXV^e. développement, j'ai fait en sorte qu'elles conservent leur lumière avec une intensité peu près constante. Elles sont restées fort belles jusqu'à ce que j'aie eu besoin de hausser les mèches, et en diminuant un peu le courant d'air avec l'obturateur, j'ai pu les d'allumer et d'éteindre.

Conclusion :
l'huile de baleine
peut servir
comme
l'huile de colza
pour l'éclairage
des phares.

Réflecteurs
à placer
du côté de terre,
dans les phares
non isolés
en mer.

Je conclus de ces deux expériences, et surtout de la dernière, que l'on peut, avec l'huile de baleine comme avec l'huile de colza, allumer des becs à mèches concentriques allumés pendant la nuit, et conserver aux flammes une belle couleur et leur éclat primitif, sans être obligé de moucher les mèches.

Vous m'avez fait, dans votre première lettre, une objection judicieuse sur le cas fréquent où le phare ne s'élève que sur l'horizon, mais seulement une partie, qui souvenant ne fait qu'une demi-circonférence. J'y avais songé, et j'avais pensé qu'on pourrait utiliser les rayons de la lumière qui se réfléchissent sur la terre, en les réfléchissant sur un miroir plan, suffisamment éloigné du centre pour que l'image ne fût pas trop excentrée, et voyant par un miroir sphérique. Ce qui m'a empêché d'en parler dans mon Mémoire, c'est que, en le rédigeant, j'étais occupé du phare de Cordouan, qui doit éclairer toute la Méditerranée. Ici, vous serez ici, je vous soumettrai plus en détail les plans imaginés pour utiliser le mieux possible les rayons de la lumière.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHA

N° XXV⁷.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ P

Paris,

Monsieur,

Après plusieurs tâtonnements sur la forme qu'il fallait donner au bec à gaz pour obtenir des flammes concentriques de hauteurs égales, nous sommes enfin parvenus à un résultat satisfaisant, au moins en partie, et certain d'avance. C'est à un ouvrier très-intelligent, non moins expérimenté que nous sommes redevables de la solution de ce problème. Nos premiers essais infructueux, et la grande expérience qu'il nous a faite des becs à gaz dans la surveillance de l'éclairage de l'Opéra, lui ont fait découvrir plus aisément la disposition à donner aux différentes parties du bec à flammes concentriques pour obtenir des flammes bien blanches et de hauteurs égales. Le bec que j'ai construit, placé au foyer d'une de nos grandes lentilles, produit un effet équivalent à onze cents fois environ la lumière d'un bec de quinquet alimenté avec de l'huile surabondante. Nos anciennes expériences faites à l'Observatoire avec le même quinquet pris pour unité, et en plaçant le bec quadruple au foyer d'une grande lentille, nous avions trouvé dans l'axe un

N° XXV⁷. et dont en outre la durée sera augmentée de
 Accroissement
 de
 l'amplitude
 des éclats
 des
 grandes lentilles,
 à l'aide
 des
 becs à gaz. diamètre du bec à gaz est une fois et demie au
 bec quadruple. Ainsi, dans l'appareil composé
 tilles, la durée des apparitions du feu sera égale
 elle sera plus grande dans l'appareil composé
 D'après ce que m'a dit M. Darcet, on doit atten
 mie de la distillation des mauvaises huiles ou a
 à vil prix, surtout en employant l'appareil sim
 vient d'établir à Enghien. Dans cet établissemen
 retirées des eaux qui ont servi au lavage des la
 ne reviennent qu'à 2 liards la livre. Sans comp
 naires, sur un avantage aussi grand, on peut ra
 que l'éclairage des phares par ce procédé coût
 moins qu'avec des lampes.

Appareil
 additionnel
 à feu fixe
 du phare
 de
 Cordouan.

Depuis votre départ, j'ai ajouté au système de
 destiné au phare de Cordouan, un petit appareil
 duquel j'utilise les rayons qui passent par-des
 tilles et j'ajoute un feu fixe au feu tournant, sa
 la dépense d'huile. J'ai aperçu ce feu fixe de M
 16,400 toises de la barrière de l'Étoile : il ne par
 comme une faible lueur, surtout immédiatement
 mais enfin on ne perdait pas le feu de vue, c
 8 lieues de poste ou 6 lieues marines, il n'y av
 lues. D'un autre côté, l'intensité des éclats des
 rieuse à ce feu fixe (que je n'estime pas équivalo
 becs de quinquet), que le phare conservait son ca
 tournant, et présentait en même temps les a

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX P.
culaire à MM. Soleil et Wagner, pour l'avoir plus
présume qu'il préférera attendre que le nouveau sy
ait été établi à Cordouan.

Vous devez avoir reçu, Monsieur, depuis assez lon
à bec triple, avec les cheminées et les mèches que M
envoyées. Il est surpris et un peu inquiet de n'avoir
de lettre de vous à ce sujet.

Agréez, etc.

A

N° XXV⁸.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ

Borde

Monsieur,

Je viens de terminer l'installation d'un appareil len
de Cordouan. Tous les marins de Royan et les officie
de la rade du Verdon ont été émerveillés (s'il n'y a
dans leurs compliments) de la vivacité et de la blan
feu. Les Anglais que les bains de mer amènent à l

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAI

N^o XXV^s. un autre appareil, composé de bandes de glace peu près comme les feuilles d'une jalousie, et forme un feu fixe avec les rayons passant au-d^{es} sous des lentilles, lesquels sans cela seraient à peu près perdus. Ce feu fixe, quoique beaucoup plus faible que les autres, a néanmoins une grande portée. En j'ai reconnu qu'il était encore sensible et empêché par les brises absolues à plus de 7 lieues marines de distance du moins dans la direction que j'ai suivie à l'égard de la tour de Cordouan, je ne m'étais pas éloigné de 10 lieues marines, que déjà j'observais des éclipses absolues de quelques secondes; il pouvait se faire que la direction que j'ai suivie, en allant et en revenant, coïncidât avec les bandes de glace tant en fer de la lanterne, qui sont assez près de tout ou en partie ce petit feu fixe. J'attribue la différence observée qu'à l'inclinaison un peu que j'ai donnée aux bandes de glace du côté du large, pour diriger davantage leurs rayons sur les parties de mer où les vents n'étaient pas favorables à ce projet, et il m'a coûté quatre heures de plus en mer. Au reste, les renseignements que je recevrai bientôt des pilotes qui fréquenteront ce phare feront connaître la portée de ce feu fixe dans

Portée
de
l'appareil
additionnel
à feu fixe.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N^o XXV^o.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ FILS

Paris, le 12 septem

Monsieur,

Je dois relever une erreur qui s'est glissée dans le compte rendu à M. votre père des effets produits par l'*appareil à feu* j'ai ajouté au phare tournant nouvellement installé à Cordouan n'est pas à plus de *sept* lieues, comme je crois l'avoir écrit, mais seulement à plus de *six* lieues marines que j'apercevais encore du feu fixe, en remontant la Gironde. Il paraît, d'après les rapports des pilotes, qu'il n'a généralement que 4 lieues de portée du large (je crois avoir fait plonger un peu plus les rayons du côté de l'Océan que du côté de la rivière), ce qui est suffisant, au reste, pour l'objet que je me proposais, de ne pas perdre le phare de vue aux navigateurs, quand ils approchent des récifs dont la tour de Cordouan est environnée.

Je n'espère guère pouvoir commencer avant trois mois mes expériences sur le gaz d'huile appliqué à l'éclairage des phares. Je serai ainsi quatre mois environ sans avoir de résultats.

PHARES ET APPAREILS D'ÉC

N° XXV¹⁰.

N° XXV¹⁰.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MA

Paris, le

Monsieur,

Renseignements
sur
l'installation,
les effets
et le service
du phare
de
Cordouan.

Je profite d'un moment de liberté pour vous dire
ce que vous me demandez.

Le feu de la tour de Cordouan est élevé de 60
niveau de la mer. Je pense que cette hauteur
suffit aux besoins de la navigation, et qu'elle ne doit pas être
phare du premier ordre; car, à 3 lieues marin
deur de la terre cache déjà le phare de Cordo
placés sur les chaloupes de pilotes, dont le p
guère élevé que de 4 pieds au-dessus de l'eau.

D'après ce qu'ont rapporté des marins entr
puis l'installation du nouvel appareil, ils ont a
11 lieues marines de distance, en montant da
ments de commerce sur lesquels ils naviguaie
beau encore à cette distance; mais l'éclat n'avait

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PH

leur intensité et d'accroître beaucoup celle-ci, et ils
taire : *le superflu, chose si nécessaire!*

Au reste, des marins expérimentés, qui ont vu et
consultés sur la durée de ses éclats, l'ont trouvée su
lever le phare à la mer. Peut-être, sans le voisinage
tour des Baleines, dont les éclats se répètent de 90
aurions-nous fait faire à l'appareil sa révolution en
qui aurait donné des apparitions de 26 à 30 second
de 60 à 64 secondes.

Le nombre des gardiens attachés au phare de Cor
prenant le chef gardien, est de quatre, à cause de la
tour, qui est en pleine mer et entourée d'écueils, de m
la mauvaise saison, il s'écoule quelquefois deux mois
y aborder. Il n'y a ordinairement que trois gardiens à
trième est à terre.

Pour un phare comme le vôtre, qui n'est pas ent
deux gardiens suffiront aisément au service de l'appar
trêmement doux et ne leur demandera pas deux heures
jour, mais exigera d'eux un peu de surveillance la n
ment dans la seconde moitié des longues nuits, où il d
de fermer un peu l'obturateur pour faire remonter les fla
tant sur deux gardiens et sur la consommation annuel

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N° XXV¹⁰. tirer parti pour diversifier les phares à feux tournants en France, n'employant exclusivement ni les appareils à grandes lentilles, ni ceux qui portent seize de ces lentilles. Nous placerons de préférence les premiers dans les phares à avoir la plus grande portée.

Je crois que tout l'appareil de Cordouan reviens à 1,000 francs ; il est vrai qu'il y a trois lampes de 1,000 francs chacune ; n'en demandez que deux ; mais il me semble préférable d'en avoir trois, afin qu'il en reste toujours deux au phare en cas de panne à raccommoder.

Prix du nouvel appareil d'éclairage du phare de Cordouan.	Les 9 grandes lentilles, à 1,200 francs chacune.....
	Les 9 petites lentilles additionnelles avec leurs miroirs.....
	Le petit appareil à feu fixe.....
	Total pour la partie optique, fournie par M. L.
	3 lampes à mouvement d'horlogerie.....
	Machine de rotation.....
	Armature (trop chère, à mon avis).....
	Colonne de fonte, 5 ou 600 francs.....

La table de service et son armature, le chariot de garniture ne doivent pas s'élever à.....

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX P.

Le mémoire des objets fournis par M. Wagner, y compris
 ment d'horlogerie, se monte à.

Partie optique, fournie par M. Soleil.	{	9 grandes lentilles à 1,5 9 lent. additionnelles av Appareil à feu fixe. . . .
--	---	--

Montant total de l'appareil et des pièces qui en dépendent. . .

Je réponds maintenant à votre CINQUIÈME QUESTION
 jours très-facile d'enlever la lampe de dessus la tabl
 la tenir dans un lieu chaud pendant la gelée. Lors
 trop froid, on pourra la laisser en place et se conten
 ler l'huile par le robinet (comme il est bon de le fair
 pendant toute l'année). A Cordouan, cette huile est j
 dans lequel on remet tous les jours de nouvelle huile
 les gardiens vont avoir soin de tenir près de leur
 filtrée nécessaire à la consommation de la nuit, et d
 dans le haut de la tour; ils envelopperont en outre
 lampe d'une sorte de gilet de laine, et avec ces préca
 bable qu'ils n'auront pas besoin de faire du feu dans
 empêcher la congélation de l'huile. Mais ce que je ne
 s'ils n'en auront pas besoin pour empêcher les glac
 de se couvrir de vapeurs gelées. Dans quelques moi

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N° XXV¹⁰.

Dimensions
et disposition
de
la lanterne
pour
un phare
lenticulaire
de
premier ordre.

NEUVIÈME QUESTION. — Vous pouvez très-bien faire descendre la cage extérieure d'après la planche 10, mais il ne faut pas la faire plus étroite; mais, plus large, plus commode pour le service. Celle de Cordouan, qui est large, a 3^m,40 de largeur intérieure dans les angles.

DIXIÈME QUESTION. — Les petites glaces étant fixes, ne descendent pas jusqu'au niveau de la table; conséquemment, on peut bien ne faire descendre les glaces que jusqu'au niveau de cette table, dont la hauteur est indiquée par la planche de mon Mémoire.

J'ai l'honneur, etc.

N° XXV¹¹.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MAIRAN.

Paris

Monsieur,

Nouvelles

Les dernières expériences que j'ai faites sur

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX

J'ai tout à fait abandonné l'idée de prolonger les glaces fixées entre les montants : en y réfléchissant, j'ai trouvé plusieurs inconvénients à cette disposition. L'ajouté au feu tournant me paraît bien plus avantant pour le service. Si l'on voulait prolonger la distance employer le bec à gaz, et en illuminant toujours les grandes lampes à quatre mèches, le meilleur moyen de la lumière centrale de huit petites lentilles cylindriques diverger les rayons seulement dans le sens horizontal doubler la durée des portions d'éclat fournies par les lentilles, en réduisant leur intensité à moitié, ce qui leur donnerait une portée bien suffisante et rendrait l'éclat plus agréable.

Il faudrait que ces lentilles cylindriques fussent fixées sur un socle pareil et tournassent avec lui ; mais on pourrait disposer les lentilles de manière à ne point gêner le service de la lampe.

J'ai essayé dernièrement un petit appareil à feu fixe composé de huit lentilles cylindriques et illuminé par un bec à deux mèches. Il produit l'effet de vingt-deux lampes de Carcel dans les directions les mieux éclairées. Dans les directions des montants, qui sont les moins éclairées, il donne l'effet de dix-huit lampes de Carcel. J'estime qu'un

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N^o XXV¹¹. tension à moitié. Mais comme les anneaux sont travaillés de manière à être résulterait-il de cette manière de les couper dans le prix des lentilles.

J'ai l'honneur, etc.

N^o XXV¹².

AUGUSTIN FRESNEL À M. MARIE

Monsieur,

Réponse
faite aux questions
de
l'ambassadeur
des
Pays-Bas.
Moyens
de
prévenir
la congélation
des huiles
dans les phares.

L'ambassadeur des Pays-Bas a demandé au Ministre et a reçu de l'Administration des ponts et chaussées que votre Gouvernement désirait avoir touchant les lanternes. Je crois qu'ils paraîtront complets et satisfaisants.

En rédigeant cette Note, je me suis aperçu que vous m'avez répondu à une de vos questions : c'est celle que vous m'avez posée sur la nécessité d'allumer du feu dans la lanterne. C'est cet hiver, à Cordouan, et l'huile s'est toujours maintenue dans la lampe. On a remarqué même que celle qui ne

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PI

Je viens d'obtenir les résultats les plus satisfaisants pour le gaz d'huile dans un bec portant cinq couronnes courbées rendant la combustion du gaz plus parfaite, au moyen d'une forme convenable. C'est vendredi dernier que j'ai fait l'expérience, en présence de M. le contre-amiral de Rossel ^(a) que les flammes étaient d'une blancheur éblouissante, et tranquilles comparées au bec ordinaire. En mesurant l'intensité et l'étendue du feu lumineux produit par ce bec placé au foyer d'une de nos lentilles annulaires, et les comparant avec celles du bec à lampe à quatre mèches, j'ai trouvé que l'intensité était le quart, et l'étendue, de moitié ; c'est-à-dire que, avec ce bec, les éclats seront une fois et demie aussi longs et plus brillants qu'en sus. Or la consommation d'huile s'est trouvée à peu près la même car ce bec consommait 23 à 26 pieds cubes de gaz par heure, ce qui répondent environ à 1 livre 1/2 d'huile, et il faut noter que pour employer à la fabrication de ce gaz des fèces d'huile et des résidus grasses de rebut.

Puisque, avec la lampe à quatre mèches placée devant un appareil composé de huit grandes lentilles et de huit petites additionnelles, on a, à une distance de 6 lieues marines, des éclipses de 20 secondes, par exemple, contre des éclipses de 100 secondes, vous voyez, Monsieur, que, en employant le bec à gaz,

AUGUSTIN FRESNEL À M.

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Monsieur le Directeur général,

Réponse
à la décision
de
M. Becquey
conférant
à Augustin Fresnel
les fonctions
de
secrétaire
de
la Commission
des phares.

J'ai reçu la lettre par laquelle vous m'annoncez votre nomination à la place de secrétaire de la Commission des phares. Je vous adresse mes remerciements.

En m'attachant d'une manière fixe et spéciale à la Commission pour le perfectionnement de l'éclairage des phares, m'avez chargé, Monsieur le Directeur général, de vous adresser des rapports très-agréables. Elles me mettent dans la possibilité d'être le plus utile, en secondant vos vues bienfaisantes en faveur des navigateurs.

En administrateur éclairé, vous savez, Monsieur le Directeur général, mettre chacun à sa place pour en tirer le meilleur parti. Vous donnez des encouragements à toutes les

N^o XXV¹⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ

Paris

Monsieur,

J'ai égaré votre lettre, mais je crois me rappeler ass
 contenait pour y répondre sans l'avoir sous les yeux.

J'entends par *becs de quinquet* la lumière que donn
 dimension ordinaire, tel que la lampe astrale avec la
 mesuré, M. votre père et moi, à l'Observatoire, le g
 tensité de lumière d'une grande lentille et d'une de
 laires. Il est résulté de cette expérience que le max
 de la grande lentille équivalait à 2767 becs de quin
 la demi-lentille, à 1673.

Le bec ordinaire, alimenté par de l'huile surabor
 un peu plus gros, je crois, que celui de ma lampe
 peu près la même lumière qu'une lampe de Carc
 compte les intensités de lumière en *lampes de Carc*
 huile surabondante que je prends pour unité.

Depuis la dernière lettre que j'ai eu l'honneur d
 beaucoup réfléchi aux divers moyens de prolonger la
 et je n'en vois pas de meilleur que de mettre seize d
 l'appareil au lieu de huit lentilles carrées. Le résultat d
 je viens de citer prouve qu'une demi-lentille donne

N° XXV¹². doit donner la préférence au phare composé verticales.

Question
relative
aux lentilles
additionnelles
au nombre
de huit ou seize.

Quant aux lentilles additionnelles, si vous égaux, il faut aussi qu'elles soient au nombre de augmenter les dimensions, afin qu'elles aient cha de superficie et de portée que celles de l'appar sulte de là que la superficie totale de l'appareil nelles se trouve doublée, et, par suite, son prix montera sans doute à peu près à 6,000 francs. qui j'ai montré la nouvelle épure des seize lentille que l'augmentation de dépense pourra bien s'c mais il croit pouvoir s'engager d'avance à ne tage, en faisant les seize cadres des glaces en cui en bois, comme au phare de Cordouan. Au re les éclats devenant aussi longs que les éclipses près de 3,000 francs aussi, est tout à fait inuti appareil avec le bec à gaz dont je vous ai parle manquer d'arriver par la suite, les éclats auro double de celle des éclipses; en sorte que le pha ment les mêmes avantages qu'un feu fixe, avec rieuse à l'instant du maximum de chaque éclat.

Permettez-moi, Monsieur, etc.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PH

N^o XXV¹⁵.

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET

À M. AUGUSTIN FRESNEL.

Par

Monsieur, M. Robert Stevenson, directeur des fanaux des
est venu en France pour y visiter les établissements de
Exc. M. l'Ambassadeur d'Angleterre m'a prié de lui donner
il a besoin. Je ne puis mieux faire, Monsieur, que de l'engager
à conférer avec vous sur les objets dont il s'occupe, et qui
temps l'objet particulier de vos études et de vos travaux. Il
vous après demain mercredi, vers 10 heures du matin, avec
qui l'accompagnent dans son voyage. Je ne doute point que
aise d'entrer en relations avec lui. Je vous prie de lui donner
ments qu'il pourra vous demander et de lui faire voir les
nos phares. Les ingénieurs et les savants français qui ont été
sont loués toujours du bon accueil qu'ils y ont reçu et de l'usage
lequel on les a dirigés dans leurs recherches. Il est juste qu'on
de la même manière les étrangers qui viennent nous visiter.

J'ai, etc.

AUGUSTIN FRESNEL AU C^{TE} ALBA

PRÉFET DE LA LOIRE-INFÉRIE

Monsieur le Préfet,

Remerciments.

Etablissement
d'un phare
sur

l'île du Pilier,
à l'embouchure
de la Loire.

Je m'empresse de vous exprimer toute ma
obligeante communication dont vous m'avez
indisposition m'empêche en ce moment d'aller
ments de vive voix, comme je l'aurais désiré.

Les éloges flatteurs qui me sont adressés
avant que j'aie rendu des services réels à
sont pour moi un nouvel aiguillon qui doit
dans tout ce qui me concerne, l'établissement
Pilier.

La Commission des phares s'est occupée
nière séance, et la terminera sans doute d

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX
quefois ne plus suffire aux besoins des navigateurs
pour les phares les mieux illuminés ^(a).

Je suis, etc.

N^o XXV¹⁷.

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT

Monsieur,

Par une lettre en date du 30 novembre, M. Be
former que vous désirez faire l'acquisition de d
annulaires et d'une lampe à quatre mèches.

J'ai donné, en conséquence, à M. Soleil et à M.
tions nécessaires pour que vous receviez les deux
dans le plus court délai possible. J'espère que tout
semaines.

J'ignore si vous voulez que le mécanisme de l
un ressort ou par un poids.

Le ressort est plus commode pour des expérie

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIR

N^o XXV¹⁷. lies mouflées, quand on n'a pas assez de hauteur d'air, je préférerais employer un poids, même dans des expériences, qu'il ne fût nécessaire de déplacer souvent la lampe.

La lampe que je fais arranger pour vous, Monsieur, vous avez vue à Paris. Si j'en commandais une nouvelle, vous ne l'auriez pas avant deux ou trois mois. La lampe à ressort; il est facile de remplacer le barillet qui contient un autre cylindre sur lequel s'enroule la corde. J'attends pour y faire ce changement, ou pour y faire ajouter un second ressort si vous préférez ce genre de moteur; car nous avons un seul ressort ne suffisait pas, lorsqu'on voulait avoir une abondance d'huile sans être obligé de remonter trop souvent.

Je vous prie, Monsieur, de me répondre le plus tôt possible, si vous ne voulez pas éprouver de retard.

J'ai l'honneur, etc.

A. F.

N^o XXV¹⁸.

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STURM

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX P

petits filaments de coton que contient souvent l'huile
merce, et qui finiraient par boucher les trous du tuyau
reste, ce tuyau se dévisse afin qu'on en puisse nettoyer
les petits trous.

Comme les soupapes de la boîte du corps de pompe
très-bien quand on a été quelque temps sans faire s
est bon de les amorcer en versant de l'huile dans le
qui porte le bec, et dont on peut ôter celui-ci à voi

Le volant du mouvement d'horlogerie en est la p
cate, et celle qu'un filament, une petite ordure ou u
peuvent arrêter le plus facilement. Il faut le tenir, c
mécanisme, à l'abri de la poussière. Il est essentiel
toute sa mobilité, et, à cet effet, de mettre souvent
pied de bœuf à ses pivots, à sa vis sans fin et au
petite roue dentée qui mène la vis sans fin, en ay
auparavant la vieille huile avec un peu de peau,
qui ne puisse laisser aucun duvet sur les pivots.

On augmente et l'on diminue à volonté la quan
corps de pompe fait monter dans le bec, en ouvrant
les ailes du volant. Je trouve, dans mes anciennes
la lampe à ressort que M. Wagner vous envoie, qu
bondance d'huile suffisante, à la rigueur, quand l
2 litres d'huile par heure. Dans ce cas, les bras de

N° XXV¹⁸. ce qui se fait au reste très-commodément.

J'oubliais de vous dire, à l'occasion des bords, de tenir la mobilité du volant, que la plaque par son pivot peut glisser dans sa rainure de sorte que la pointe du pivot une surface neuve et polie se forme de la plaque par son frottement prolongé.

Il est bon de ne pas donner aux mèches une hauteur au-dessus des bords du bec, qui conduisent à une longue combustion. Pour qu'il y ait le même développement, les diverses mèches doivent pas avoir précisément des hauteurs égales.

Il faut, avant d'allumer, moucher les mèches sur les bords du bec, avec des ciseaux courbes on se sert pour faire le poil des oreilles de ciseaux les plus commodes pour les becs à mèche, essentiel de bien nettoyer les intervalles des courants d'air, parce que la moindre ordure du courant d'air fait fumer. Il est nécessairement pas des plis qui rendraient les flammes fumer. Quand on met des mèches neuves, on les nomme pendant un quart d'heure, quelques

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX

rallonge soit fermé, de peur qu'un courant d'air flamme; ensuite on s'empresse d'élever un peu l'ouverture pour donner plus de nourriture aux flammes. Quelques minutes après la cheminée est échauffée, on les hausse encore davantage *toujours par celles du centre*. Si l'on faisait d'abord les hautes extérieures, avant que le courant d'air fût bien établi, il y a risque de casser la cheminée. On ouvre ensuite les hautes du centre donnant une inclinaison de 45 degrés environ. On baisse les flammes; mais elles s'allongent bientôt, les mèches se sont un peu charbonnées. Ce n'est qu'après une demi-heure, quelquefois au bout d'une heure, qu'on peut atteindre la hauteur à laquelle elles doivent s'arrêter. Il est bon que les hautes du centre soient un peu plus hautes que les autres. La hauteur de ces quatre flammes présente à peu près la forme d'un carré.

La position du coude de la cheminée a une grande influence sur la blancheur des flammes. On peut le hausser ou le baisser en faisant tourner la robe qui porte la cheminée. En haussant le coude, les flammes prennent plus de développement, elles sont moins blanches; quand on le baisse, au contraire, elles se raccourcissent et se raccourcissent. Pour les bonnes cheminées, la distance au-dessus du bec peut être de 40 millimètres; on peut la réduire à 35 et même à 30 millimètres. On peut aussi, dans les cas, par tenir le coude à 40 millimètres au-dessus

N° XXV¹⁸. et interceptent une partie du courant d'air qui est extérieure et l'écarte de la cheminée; alors, si le courant d'air est trop affaibli, la flamme touche et va casser.

Quand on craint que les cheminées n'aient pas de tirage, il faut, après avoir allumé, faire monter les flammes et aussi ne pas les éteindre brusquement. Il faut que les flammes extérieures avant celles du centre.

Quand on veut porter la lumière de la lentille à une certaine distance et dans une direction horizontale, le centre du bec de la lampe doit être à la lentille de 93 centimètres, et ses bords supérieurs à 29 millimètres au-dessous du niveau du centre. Si, à une distance de 30 à 40 mètres, on a une lumière horizontale, le centre du bec à 94 centimètres de la lentille. Le plan de la lentille qui doit être tourné vers la lumière. Si on veut l'employer comme verre ardent, c'est le centre qui se tourne vers le soleil.

Agréez, Monsieur, etc.

A

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PE

jours trouvée trop chère. Ce n'est plus à M. Wagner qu'il faut s'adresser dorénavant pour les armatures, qui sont plutôt un ouvrage d'art que de mécanique. Je suis d'ailleurs très-mécontent de la précision que M. Wagner a apportée dans la fabrication des galets sur lequel roule l'appareil de Cordouan. Ces galets étaient pleins de soufflures, qui, au bout de quelque temps, ont déformé leur circonférence et arrêté la marche du mécanisme. Pour changer le chariot. Quoique avec un peu de soin on puisse éviter les soufflures dans la fonte des galets, je me propose désormais d'exécuter en fer forgé un peu dur, recouvert d'une couche de bronze, la circonférence.

En substituant au pendule et à la roue d'échappement la machine de rotation, un volant qui porte deux ailes mobiles, la régulation est réglée par la force centrifuge, je suis parvenu à des résultats très-satisfaisants, et qui ont déterminé notre Commission d'adopter ce régulateur pour une machine de rotation.

Je me chargerais volontiers de diriger les détails de la construction de l'appareil que vous demandez, si j'avais plus de loisir. Mais, comme je tâcherais de faire en sorte qu'il vous coûtât le moins possible, et que l'impossibilité où je suis de vous rendre moi-même ce service, me fait espérer que M. Boulard, conducteur des ponts et chaussées très-instruit et très-exact, se chargera de s'occuper de votre affaire. Il est sûr de faire

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

doubler son effet sans changer la lampe, c'est-à-dire sans aucune dépense d'huile.....

Agréez, etc.

A. FRESNEL.

Du 19 avril 18

Je crois vous avoir parlé, Monsieur, de la dernière catadioptrique à laquelle je me suis arrêté pour nos grands feux fixes. Les lentilles verticales qui ramassent la principale des rayons seront toujours dans le même système que celles de Dunkerque, mais, pour ramener à l'horizon les rayons qui vont au-dessus et au-dessous, je n'aurai plus recours à la fois à la réflexion et à la réfraction; j'emploierai seulement la réflexion. Ces rayons seront immédiatement réfléchis par des glaces qui auront une légèreté cylindrique et seront disposées par étages. Pour nos phares du premier ordre, il y aura sept rangées de glaces cylindriques dans la partie supérieure, et quatre au-dessous des lentilles verticales. La hauteur totale de la colonne de feu sera de 2^m,70. Chaque rangée sera composée de trente-deux glaces, formant un polygone régulier dont l'axe vertical du système.

M. Soleil s'occupe en ce moment du rodage de ces glaces

AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STE

Paris

Monsieur,

Ce n'est pas en comparant seulement les appareils phares mal entretenus des côtes de France, que notre Administration s'est décidée à donner la préférence au nouveau système de Fresnel. Son opinion à ce sujet s'est établie sur des bases plus générales. Une longue série d'expériences et de calculs a confirmé ce que la théorie annonçait d'avance, c'est-à-dire que les appareils dioptriques, on tirerait un plus grand parti de la même donnée, qu'avec les petits miroirs paraboliques employés jusqu'à présent sur terre, ou même les grands réflecteurs de 30 pouces d'ouverture qui ont servi depuis longtemps à l'éclairage des principaux phares.

Notre Administration avait fait venir de Londres un réflecteur de 20 pouces anglais d'ouverture. Nous avons mesuré son intensité dans toutes les directions, non-seulement suivant son axe, mais encore dans toutes autres directions obliques à l'axe, en négligeant seulement les directions trop faibles pour se faire sentir à des distances un peu grandes. Pour prendre ces mesures, on faisait tourner chaque

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAI

N^o XXV²⁰. tous les rayons lumineux que le réflecteur, en to
un spectateur éloigné. Il est presque inutile de
dans chaque expérience, de faire produire à
le plus bel effet possible, et de rendre à la sur
lique tout son éclat spéculaire, en la frottant av
sorte qu'il donnait certainement autant de lumi
semblables employés dans les phares *les mieux ent*

Nous avons évalué par la même méthode la so
neux que donne une grande lentille dans toute
son éclat, quand elle est illuminée par une la
et nous avons trouvé un nombre quatre fois aus
résultait des observations faites sur le réflecteur

<p>L'éclat d'une grande lentille de Cordouan équivalent à celui de 32 réflecteurs anglais de 508 millimètres d'ouverture.</p> <p>Rapport des consommations</p>	<p>Ainsi les huit grandes lentilles d'un appareil celui de Cordouan, en tournant autour de la lan aux navigateurs autant de lumière qu'un phare c réflecteurs anglais, et ce rapport sera sans doute les lentilles de nouvelle fabrication. Mais en s de trente-deux, on voit qu'un pareil phare cons mes (d'huile) par heure, puisque la lampe de c 40 grammes; tandis que, dans le phare de C 750 grammes d'huile brûlés par heure. Je n'ai p le calcul, des rayons envoyés par les petites len</p>
--	---

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

lumière dans toutes les directions, qu'on peut comparer le mérite relatif des différents systèmes d'éclairage. Lorsque, à observer de l'œil leur effet lointain, on porte souvent de très-faux, à cause de la différence des distances ou de la fréquence de la transparence de l'air.

Je ne puis pas profiter, Monsieur, de l'offre obligeante faite de montrer vos phares à l'un des conducteurs de la Commission. Ils sont tous deux très-occupés à surveiller les verres dans l'atelier de M. Soleil, et doivent diriger l'entretien des parties de nos appareils, telles que les armatures. La présence de chacun d'eux à Paris est d'autant plus précieuse que je dois bientôt faire une tournée sur nos côtes. Au retour que j'enverrais visiter les phares d'Écosse m'apprendra, à son retour, une chose que je sais depuis longtemps : qu'ils sont infiniment mieux entretenus que les phares français.

Dans une expérience récente, où j'ai eu l'occasion de comparer les effets lointains d'un petit appareil semblable à celui de M. Soleil, j'ai trouvé sa lumière plus faible que je ne m'y attendais à une distance de 3 1/2 lieues marines. J'ai peine à croire qu'elle soit aperçue à 6 lieues marines, comme les marins de France prétendent, excepté dans des circonstances favorables. Je vais en parler aux membres de la Commission qui assistaient à la séance, et combien il serait avantageux de doubler les dimensions

AUGUSTIN FRESNEL À

INGÉNIEUR EN CHEF DES DOUCHES

Monsieur l'ingénieur en chef,

Phare
de l'île Planier
en construction
près de Marseille.
Légère inclinaison
à donner
aux glaces
de la lanterne.

Utilité
d'une chambre
au-dessous
de la lanterne.

J'ai eu l'honneur de vous entretenir
donner aux glaces de la lanterne du phare
inclinaison, pour empêcher les *faux écoulements*
les rayons réfléchis sur le vitrage. Il su
d'un quarantième de la largeur verticale
sans inconvénient en adopter une un p

Dans la lettre que j'ai eu l'honneur d
nier, je vous ai parlé des avantages que
du service, une petite chambre située au-
si l'exhaussement de 10 mètres ordonne
vous a donné la facilité d'ajouter cette pi
voûte la plate-forme de la lanterne. Je dés
où en sont la construction de la tour et

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N^o XXV²².

AUGUSTIN FRESNEL À M. LE MENGNOT

MAIRE DE GRANVILLE.

Paris, le 2

Monsieur le maire,

Vous nous avez fait espérer, lors de votre voyage à Paris, que vous pourriez nous fournir bientôt des renseignements positifs sur la possibilité d'établir un phare à Roche-Douvre. La réponse de la quinzaine dernière a dû être très-favorable à cet égard. Nous attendons avec impatience les renseignements que vous nous avez promis.

Je dois partir bientôt pour ma tournée; je désirerais avant tout voir faire connaître à la Commission des phares, avant son départ, le résultat de vos recherches, qui doit décider une question si importante pour le commerce de Granville et celui de Saint-Malo.

M. le directeur général des ponts et chaussées et la Commission des phares sentent tous les avantages que l'établissement d'un phare à la Roche-Douvre offrirait à la navigation, et m'ont paru très-sensibles à l'importance de ce projet. Ils ont donc décidé de vous en faire part, et de vous adresser, par l'intermédiaire de la Commission, les renseignements nécessaires à son exécution.

PHARES ET APPAREILS D'ÉCUEIL

N° XXV²³.

N° XXV²³.

AUGUSTIN FRESNEL À M. LE MINISTRE DE LA MARINE

Monsieur,

Travail
hydrographique
à entreprendre
pour
apprécier
les difficultés
de
l'établissement
d'un phare
sur
Roche-Douvre.

J'ai reçu avant-hier votre lettre du 11 juillet, et elle m'a été
l'accompagnait. Je l'ai communiquée hier à M. de Rosset, qui
comme moi des difficultés qui s'opposent à l'établissement
sur la Roche-Douvre. Elles ne nous ont pas paru être plus
grandes que celles qui ont été surmontées par les ingénieurs
anglais dans la construction des phares d'Eddystone. Nous
avons pu juger du moins d'après les renseignements que vous
nous avez fournis. M. de Rosset se propose de recommander au
Ministre de la marine que ces rochers soient examinés par
les ingénieurs-hydrographes, afin de ne pas hésiter à
établir un phare sur cet écueil avant de s'engager dans
des sacrifices supérieurs à son importance.

Établissement
à Granville
d'un phare
de
troisième ordre

Il y a deux mois que la Commission des phares a été
favorable sur la demande d'un fanal pour l'établissement
été envoyé, le 27 ou 28 mai dernier, à M. le Ministre de la
marine.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N° XXV²⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Paris, le 10 sep

Monsieur le Directeur général,

En m'annonçant, par votre lettre du 1^{er} juin 1824, qu'le Ministre de l'intérieur m'avait nommé, sur votre proposition, de la Commission des phares, vous m'avez prévenu que vous étiez de me charger aussi d'inspecter les phares établis dans le département de la Seine-Inférieure. Vous m'aviez même engagé verbalement, dès l'année dernière, de commencer cette inspection; mais les examens de l'École polytechnique m'en empêchèrent. Maintenant que Son Excellence veut que je pense de remplir dorénavant une tâche aussi pénible, à cause de la faiblesse de ma santé, rien ne m'empêche plus de me conformer à vos intentions, et je crois prévenir vos ordres en vous priant de m'autoriser à parcourir une partie des côtes de France, pour inspecter les phares. Le moment présent me paraît le plus favorable pour commencer. Les affaires de la Commission sont toutes expédiées, et les membres sont prêts. Le compte à rendre de mon voyage sera fait dès mon retour.

N° XXV²⁴. doit être établi un phare du premier ordre, cap Fréhel, en passant par Granville et Saint-Malo, le département des Côtes-du-Nord, voisin de la Bretagne, jugerez sans doute convenable, Monsieur le Ministre, j'aille à Brest pour observer les feux de Saint-Mathieu. Ce ne sera pas ici une inspection, puisque ces feux sont sous le Ministère de la marine ^(a), mais de simples observations d'instruction, et qui serviront à compléter les renseignements que j'ai recueillis dans ma tournée. De Brest j'irai, par le Morbihan, de Penmarc'h, voir ce qui subsiste des travaux pour la construction d'un phare. Je traverserai le département du Morbihan, et je me rendrai à Nantes, la Loire pour voir le feu du Four. Je retournerai par la route qui conduit aux Sables-d'Olonne, dans la Vendée. De là j'irai à la Rochelle et dans les Landes, inspecter les phares des Baleines et de Chassiron, à Royan, pour observer le feu de Cordouan; après avoir conféré avec M. l'ingénieur en chef de la Gironde, sur les conditions à remplir dans le projet du phare qui doit être établi à la pointe de Grave, et recueillir l'ordinaire de nouveaux renseignements sur les feux de Cordouan ^(b).

Je pourrais aller de Bordeaux à Bayonne

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES.

D'après ce que M. Cousinery m'a écrit sur l'état actuel de la tour de l'île Planier [Bouches-du-Rhône], il est probable que l'appareil d'éclairage ne pourra y être installé que vers le commencement de l'année prochaine, et compte pouvoir assister à cette installation ^(a), et profiter de ce voyage pour visiter, l'année prochaine, les phares de la Méditerranée. Pour Perpignan, je prendrai la route de Bayonne, pour visiter le phare de Biarritz et inspecter une seconde fois les phares des côtes.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

N^o XXV²⁵.

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

À M. AUGUSTIN FRESNEL,

INGÉNIEUR EN CHEF.

Paris, le 17 septembre 1825.

Monsieur, j'ai reçu la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire le 10 de ce mois, relativement au voyage que vous allez faire, d'après les instructions, pour visiter les principaux phares du royaume.

Ainsi que vous le proposez, vous vous rendrez d'abord au Har-

PHARES ET APPAREILS D'É

N^o XXV²⁾. à la pointe de Penmarc'h, voir ce qui subsiste de longtemps pour la construction d'un phare. Vous tement du Morbihan, et vous vous rendrez à Nantes Loire pour examiner le feu du Four. De là vous irez à Ré, inspecter les phares des Baleines et de Chassini observer le feu de Cordouan; et vous terminerez où vous conférerez avec M. l'ingénieur en chef Aubin, sur les conditions à remplir dans le projet qui doit être établi à la pointe de Grave.

Je désire que vous me rendiez compte, à votre circonstancié, du résultat de vos observations ^(a).

J'ai écrit à MM. les préfets et les ingénieurs en vous aurez à parcourir, pour les informer de votre avec eux sur cette partie importante du service public. J'espère que vous aurez une expérience qui amènera d'heureux résultats.

J'ai l'honneur d'être, Monsieur, avec une confiance, votre très-humble et très-obéissant serviteur.

Le Conseiller d'État, Directeur général de

²⁾ A. Fresnel, dans ses inspections maritimes de 1821, a fait l'exception des deux phares lenticulaires de *Cordouan* et de *Penmarc'h*, parce qu'ils sont les seuls qui aient été construits

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N° XXV²⁶.

AUGUSTIN FRESNEL À M. VAISSIÈRE,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES, À CALAIS.

Paris, le 26 nov

Monsieur et cher camarade,

Je recule toujours devant l'idée de faire construire un réflecteur par M. Lenoir, lorsque nous sommes si voisins de ces réflecteurs deviendront tout à fait inutiles. D'un autre côté, convenir que le transport et l'ajustement au phare de Calais de six réflecteurs de *Bordeaux*^(a) entraîneraient dans une dépense p considérable; mais j'y voyais l'avantage de rendre tout à fait au phare son éclat primitif, tandis que, avec un seul réflecteur, il vous faudrait un long temps pour faire réargenter successivement six miroirs actuellement en place; car je ne crois pas qu'une réparation puisse se faire à Calais, et je suppose que vous serez obligé de leur envoyer à Paris les uns après les autres.

Entre ces deux partis extrêmes, j'en vois un troisième beaucoup plus économique. Nous avons à Paris deux g

N° XXV²⁶. pas que ce changement de réflecteurs puisse faire
 car ce n'est pas par la durée des éclats, qui varie avec
 l'état de l'atmosphère, mais par l'intervalle de
 éclat et celle de l'éclat suivant, que les marins
 feu tournant d'un autre, parce que la durée
 constante en tout temps et à toute distance pour

Au reste, je vous prie de me dire ce que vous
 de rechange. Si vous n'y voyez pas d'inconvénient
 voyer tout de suite les deux réflecteurs en ques

Je regrette toujours que M. Lenoir ait eu la
 placer de petits becs de 6 lignes dans ses éno
 résulte nécessairement que les cônes lumineux q
 étroits. à cause du petit volume de l'objet éclair
 mensions du paraboloïde. Il serait bien préférab
 becs de quinquet, tels que ceux des lampes de
 J'ai l'honneur d'être, etc.

N° XXV²⁷.

AUGUSTIN FRESNEL À M. DE

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

rage du phare de Cordouan. Je n'ai jamais pensé qu'il que les flammes de la lampe [focale] eussent constamment mètres de hauteur. J'écris à M. Saint-Aubin pour l'invi que 10 centimètres. L'essentiel est que les flammes soient et aussi peu découpées qu'il est possible, et qu'elles soient ne présentent aucune déchirure sur une hauteur de 7 ce qui exige que les pointes s'élèvent jusqu'à 10 centimètres compte, bien entendu, de quelques pointes isolées qui peuvent accidentellement plus haut.

Lorsqu'on a tenu les flammes trop hautes pendant partie de la nuit, les mèches se charbonnent, et il devient de soutenir le feu. Il peut même arriver que l'obturateur plus pour faire monter les flammes, et qu'il soit nécessaire de changer les mèches ou de changer de bec, opération qui occasionne une suspension momentanée de l'éclairage du phare.

Quant à l'accident de ce bec brûlé dont vous me parlez, il a pu avoir eu lieu que par le manque d'huile résultant d'un fonctionnement trop lent des pompes de la lampe, ou d'une hauteur excessive des flammes auraient acquise par une obstruction du bec. Lorsque les flammes fument, il peut arriver qu'il s'accroisse au haut de la rallonge, et autour de l'obturateur, une quantité de fumée assez considérable pour gêner beaucoup le courant des flammes, s'élevant à une grande hauteur et in-

N^o XXV²⁷. et la plus délicate de ces accidents. Lorsque tout d'un coup pendant que la lampe est en service, en couchant un peu les ailes du volant de manière à offrir moins de résistance de la part de l'air, ou bien, J'ai l'honneur d'être, etc.

L'ingénieur en chef, secrétaire

N^o XXV²⁸.

AUGUSTIN FRESNEL À M. CHARLES DESFORGES

INGÉNIEUR, À BORDEAUX.

Mon cher camarade,

Accident
survenu à la lampe
de service
de Cordouan,
dont
le bec a été brûlé.
Hauteur exigible
pour
la flamme focale.

.....
M. Desforges se plaint de ce que M. Charles Desforges que les flammes aient 14 centimètres de hauteur à cela qu'on doit attribuer la prompte destination arrivé pendant le courant de cet hiver changer pendant la nuit le bec de la lampe pendant les instants l'éclairage du phare. Je vous prie de rendre compte de tous les détails de cet accident naïvement les choses telles qu'elles se sont passées rien de plus instructif que les accidents; mais pour conclusions justes, il faut avoir des renseignements circonstanciés. Je désire que M. Charles m'adresses

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

mètres. Bien entendu que je ne comprends point, parmi
dont j'indique ici la hauteur moyenne, celles qui s'élèvent a
ment au-dessus des autres et les dépassent quelquefois de

Quand on tient les flammes trop hautes pendant la pre
de la nuit, les mèches se fatiguent, se charbonnent, et l
au bout de quelques heures, sans qu'il soit, souvent, pos
rendre sa hauteur primitive à l'aide de l'obturateur; alors i
cher les mèches ou changer le bec, ce qui occasionne une i
dans l'éclairage du phare.

Je vous engage donc, mon cher camarade, à remplace
truction [pour les gardiens] de la tour de Cordouan, le n
torze centimètres par le nombre *dix*, en sorte que vos en
faisant exécuter le règlement à la lettre, comme ils doive
n'exigent pas des choses plus nuisibles qu'utiles.

Agréez, mon cher camarade, l'expression de mon sincè
ment.

A. FRESNEL

N° XXV²⁹.

AUGUSTIN FRESNEL À M^{GR} DE QUÉLEN

ARCHEVÊQUE DE PARIS ^(a).

Paris, le 14

N^o XXV²⁹.

Cette lanterne, posée sur le haut du clocher, remplacerait la toiture et en formerait le couvrait point à l'église sous le rapport du bon effet, serait plutôt un ornement pour le clocher.

Les expériences de la Commission des phares doit faire des appareils d'éclairage, avant de l'adoption, n'ont lieu que de loin en loin, et n'ont pas longé beaucoup dans la nuit. Elles sont ordinairement avant minuit. Elles se font le soir, c'est-à-dire que les fidèles ne sont pas appelés à l'église par le son de l'air d'ailleurs assez rares et, en général, assez peu nombreux, toujours possible d'éviter de les faire les jours de quelque inconvénient. Le seul endroit occupé par l'éclairage et les personnes chargées de les surveiller, est le haut du clocher.

La Commission des phares ne s'est décidée à l'adoption comme un lieu convenable pour le rétablissement des expériences, qu'après avoir cherché inutilement un lieu favorable, et après avoir demandé à M. le curé de l'église qu'il n'occasionnerait aucun dérangement. C'est d'après ce qu'elle a cru pouvoir proposer à M. le directeur des chaussées d'établir la lanterne sur le clocher de l'église, chargé, Monseigneur, de vous soumettre sa proposition, et votre agrément pour l'exécution de son projet.

Je suis, avec un profond respect, etc.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N° XXV³⁰.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEREL

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Paris

Monsieur le Directeur général,

Je crois nécessaire d'achever, cette année, la tournée commencée l'an dernier sur les côtes de France, pour en visiter toutes. Il me reste à parcourir les côtes de la Manche, depuis Caudebec qu'à Dunkerque, celles de la Méditerranée en entier, et les côtes de l'Océan comprise entre la frontière d'Espagne et la Gironde.

J'ai l'honneur de vous soumettre en conséquence le programme suivant :

Je me propose d'abord d'aller, au commencement de l'année, dans le département du Nord, visiter le phare de Duinkerque. Je minerai ensuite successivement les phares de Calais, de Dunkerque, d'Ailly, et, si j'en ai le temps, j'irai inspecter de nos phares les plus importants de la Hève, auprès du Havre.

De retour à Paris, je n'y resterai que le temps nécessaire pour terminer les affaires de service les plus pressées, et donner des instructions relatives à l'exécution des appareils d'éclairage.

N^o XXV³⁰.

De Marseille je me rendrai à Toulon ; j'y doit être construit le phare du cap Sicié ; mais le temps, cette année, de prolonger ma tournée à Antibes, pour voir les points de la côte où la d'établir les deux phares du premier ordre du Garoupe.

De Toulon j'irai à Aigues-Mortes visiter le phare que l'on construit maintenant à l'entrée du port. Continuant ma tournée de ce côté, j'inspecterai les feux de Cette et d'Agde, dans le département de la Nouvelle et de Port-Vendres, dans les départements Pyrénées-Orientales.

Je me rendrai ensuite à Bayonne, pour inspecter Biarritz ; puis de Bayonne je retournerai directement par Bordeaux, où je ne resterai que le temps de me entretenir, avec M. l'ingénieur en chef de la Gironde, du service du phare de Cordouan, et des travaux de Grave. Si cependant la mauvaise saison m'empêche à l'époque où j'arriverai à Bordeaux, je descendrai aller visiter ces travaux et voir le feu de Cordouan. Probable que je ne le pourrai pas, et qu'il me faudra remplir complètement la tâche étendue que j'ai

Je suis, avec un profond respect, etc.

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

N^o XXV³¹.

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

À M. AUGUSTIN FRESNEL,

INGÉNIEUR EN CHEF.

Paris, le 24

Monsieur, j'ai reçu la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire le 24 de ce mois, et, d'après le désir que vous m'exprimez, je vous prie de continuer la tournée que vous avez commencée, l'année dernière, dans les départements de France, pour la visite des phares. J'en prévient MM. les préfets et les ingénieurs des départements que vous allez parcourir, et je les invite à seconder de tous les moyens dont ils disposent pour le succès de votre mission.

MM. les préfets et les ingénieurs des départements de la Seine-et-Marne et de la Gironde ayant été informés l'année dernière de votre tournée, il paraît inutile de leur écrire de nouveau pour cet objet.

J'ai l'honneur d'être avec une considération très-distinguée, votre très-humble et très-obéissant serviteur.

Le Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées

BECQUET

néral de la distribution des feux sur nos côtes, les dimensions des appareils d'éclairage et de leur nombre. définitivement, le moment est venu, je crois, de la construction de ces appareils et de ces lanternes toutes nouvelles. ne pas retarder l'époque où les marins doivent en avoir qui leur ont été promises. Lorsqu'on réfléchit aux inconvénients que l'imperfection de l'éclairage de nos côtes cause chaque année au commerce, on sent qu'on ne saurait sacrifier les espérances que vous avez données aux marins.

Il peut arriver que leurs observations sur les phares vous portent, Monsieur le Directeur général, à modifier quelques parties de leur construction; mais, si j'en juge d'après toutes les observations qui m'ont été communiquées jusqu'à présent, je ne vois aucun changement dans le mode de construction à proposer, et solliciteront plutôt une augmentation de leur nombre^(a).

Ainsi l'on peut en toute sûreté accélérer la fabrication de ces appareils et de leurs lanternes, qui sont trop peu demandés pour cet objet dans le présent.

Après vous avoir fourni à ce sujet, Monsieur le Directeur, les renseignements que vous m'aviez recon-
vous présenter, j'ai cru devoir vous soumettre les résultats sur les dépenses relatives à la construction de nouveaux phares, l'exhaussement des anciennes tours, travaux de réparation, fabrication des appareils d'éclairage, pour attester que vous vous proposez. Mais il est probable

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHAR

N° XXV³³.

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET C

À M. AUGUSTIN FRESNEL,

INGÉNIEUR EN CHEF.

Paris, le

Monsieur, vous m'avez témoigné le désir que M. votre frère
dans les fonctions dont vous êtes chargé pour tout ce qui inté
Les accroissements que ce service important a pris depuis qu
ceux qu'il doit prendre encore, m'ont paru rendre en effet cette
et j'ai acquiescé à votre désir. Je suis bien aise d'ailleurs d'a
occasion de faire quelque chose qui sera pour vous d'un prix to

J'ai, etc.

Le Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées.

BEC

N° XXV³⁴.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUE

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES.

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N° XXV³⁴. blesse de ma santé me faisait craindre de ne pouvoir continuer au travail dont je suis chargé. Cette adjonction de la Commission sous tous les rapports, et surtout par l'empressement avec lequel vous avez daigné me l'accorder, sera pour moi une tâche que vous m'avez confié, et contribuera beaucoup à l'exécution complète de l'éclairage de nos côtes. Nos marins jouiront du résultat de vos vues bienfaisantes.

Je suis, etc.

N° XXV³⁵.

AUGUSTIN FRESNEL À M. LESCURE

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES, À PARIS

Monsieur,

Amélioration
provisoire
du phare
de
Chassiron.

Je ne sais pas si je vous ai remercié pour le rapport que vous m'avez envoyé cet hiver. Je vous prie d'ailleurs d'avez la bonté d'excuser cet oubli chez un malade. Je vous prie d'un service assez doux, a encore trop d'occu-

CORRESPONDANCE RELATIVE AUX PHARES

Je serais bien aise de savoir à quelle distance on aperçoit le feu de Chassiron. Si vous avez reçu quelques rappels à ce sujet, ayez la bonté de me les communiquer.

Je désirerais savoir aussi quand vous pourrez nous envoyer la nouvelle tour de Chassiron. C'est une question qui est souvent à la Commission.

Veillez bien agréer, Monsieur, l'expression de la haute considération et du sincère attachement avec lesquels je suis

Votre dévoué se

A. FRESNEL

N° XXV³⁶.

AUGUSTIN FRESNEL À M. AUGUSTE DESFOUR

ENTREPRENEUR DE L'ÉCLAIRAGE DES PHARES.

Paris, le 28

Monsieur,

Sur la proposition de la Commission des phares, Monsieur le Directeur général vient de décider que huit lampes d'Argent munies de leurs réflecteurs paraboliques, vont être substituées

PHARES ET APPAREILS

N^o XXV³⁶. votre bail, comme cela a déjà été fait pour de l'installation du nouvel appareil. Je vous prie de la complaisance de rédiger ce petit détail est en donnant tous les éléments de la dépense, pour le phare de Cordouan, et de m'en adresser une que vous en enverrez une autre à M. Ricou, sous son estimation à M. le directeur général, avec votre avis sur la vôtre.

Il serait bon de faire le calcul dans le cas de dix becs, ce qui est facile. Chacun consomme, en moyenne, 35 grammes d'huile par heure : en prenant 40 grammes, on est certain de ne pas se tromper dans la combustion la plus active. Dans cette hypothèse, on aura plus 160 kilogrammes d'huile par an ; par conséquent, on aura consommé 1280 kilogrammes, et dix becs, 1600 kilogrammes.

J'ai l'honneur d'être avec une considération distinguée, monsieur, votre, etc.

⁽²⁾ Cette lettre est la dernière dépêche administrative.

NOTE DE L'ÉDITEUR

SUR LE CLASSEMENT DES PIÈCES COMPOSANT LES DEUX DERNIERS

DU TOME III DES OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

L'amélioration des phares maritimes n'a pas été l'unique objet des études d'Augustin Fresnel sur les appareils d'éclairage ; on peut citer particulièrement trois circonstances où il a occupé d'éclairage urbain :

1° En 1822, à la demande du préfet de la Seine, pour l'éclairage du cadran de l'Hôtel de ville de Paris;

2° En 1825, à la demande du même magistrat, pour l'éclairage des quais du canal Saint-Martin;

3° En 1826, à la demande du chef de l'éclairage de la ville de Paris.

La correspondance et les expériences relatives aux salles de spectacle, ayant occupé les deux tiers de l'ouvrage, devaient naturellement terminer le manuscrit.

Quant aux documents relatifs à l'appareil d'éclairage pour éclairer le cadran de l'Hôtel de ville de Paris, ils ont pu figurer à leur rang chronologique sans inconvénient, et ils ont, en conséquence, été placés dans le volume collectif XXVI, immédiatement avant la table de l'étude.

ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

XXVI.

ÉCLAIRAGE

U CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS

N° XXVI (A).

AUGUSTIN FRESNEL À M. MOLINOS,

ARCHITECTE DE LA PRÉFECTURE DE LA SEINE.

Paris, le 6 février 1892

Monsieur,

Après y avoir réfléchi mûrement, je suis toujours d'avis qu'un réflecteur placé en avant du cadran [de l'Hôtel de ville] est préférable à un système de deux réflecteurs qui l'éclaireraient de côté. Je vois dans la première disposition plus de facilité à distribuer la lumière uniformément sur la surface du cadran, plus de simplicité dans le service, une économie de moitié sur la dépense d'huile.

N° XXVI (A). construire en ce moment un nouveau réflecteur, ce qui permettra de rapetisser aussi la lanterne, le poids total n'excédera pas 12 livres, et qu'il n'y a pas à employer un treuil, mais seulement une potence pour la lanterne, ce qui ira plus vite.

Je vous prie, Monsieur, d'avoir la bonté de me dire que vous chargerez de la construction de la lanterne, et d'indiquer la hauteur à laquelle le réverbère doit être placé du centre du cadran et le moyen de le maintenir à une hauteur invariable.

J'ai l'honneur d'être, avec une haute considération,

Monsieur,

Votre très-humble

Ingénieur des ponts et chaussées

ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

N° XXVI (B).

NOTE

UR L'ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS

[...février 1822.]

On peut montrer l'heure, la nuit, de plusieurs manières, soit en faisant passer des chiffres découpés devant une ouverture éclairée par la lumière intérieure, soit en traçant les heures sur une glace transparente, qu'on éclairerait par derrière comme un transparent. Mais à l'Hôtel de ville de Paris, on désirait conserver le cadran actuel, en émail et a coûté fort cher; d'ailleurs la prudence conseillait de ne pas porter de feu dans les combles du bâtiment, qui renferment beaucoup de meubles et de papiers : c'est pourquoi l'on a pris le parti d'éclairer ce cadran par dehors, disposition qui avait déjà été employée avec succès, je crois, à Glasgow ou à Édimbourg.

On a rempli cet objet en plaçant une lampe en avant du cadran à une hauteur telle qu'elle n'en masquât aucune partie aux ob-

N^o XXVI (B). 60 pieds au-dessus du sol, et que la place large pour qu'on puisse le voir dans une à plus de 300 pieds de distance, il n'était la lampe aussi haut que le bord supérieur la mettre 18 pouces plus bas. Sa distance Le cadran a 8 pieds de diamètre, sans la comptant la bordure.

Le bec de lampe qui éclaire le cadran est naire de 10 lignes de diamètre : il est placé flecteur argenté ayant 0^m,30 ou 11 pouces 8 pouces de profondeur. Le profil de ce réfl la forme d'une ellipse, mais n'en est cependant d'après d'autres principes.

Son objet étant de renvoyer sur le cadran n'y peuvent tomber directement, il fallait lui leur pour qu'il recueillît la presque totalité d convenable pour les distribuer le plus uniform surface qu'il s'agissait d'éclairer.

Afin de simplifier le problème, j'ai supposé destinée à éclairer le cadran devait être plac par le centre du cadran perpendiculairement la flamme du bec de lampe était concentrée eux. Puis, considérant ce point comme le centre prendre les diverses parties de la surface de sure de la quantité de rayons lumineux qu'elle épure, j'ai divisé le cercle qu'il s'agissait d'éclairer en cercles concentriques d'égale largeur; et, par

ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

quantité de rayons proportionnelle à sa superficie. Comme t semblable autour de l'axe commun du réflecteur et du cadran s le cas, que je considérais, il suffisait de dessiner l'épure pour n quelconque passant par cet axe. Si l'on conçoit ensuite qu'un fil du réflecteur tracé dans ce plan tourne autour de l'axe, on l engendrera la surface du réflecteur. Elle sera ainsi une surface de révolution et pourra être exécutée au tour, à l'aide d'un plan coupé sur l'épure ^(a).

Maintenant, si l'on incline l'axe du réflecteur sur le plan du cadran, ce qui revient au même, le plan du cadran sur l'axe du réflecteur, soit que tous les points de ce cercle ne seront plus également éclairés, que l'extrémité la plus voisine du réflecteur recevra nécessairement plus de lumière que l'extrémité la plus éloignée, et qu'enfin la surface du miroir qui satisferait à la condition de distribuer la lumière d'une manière uniforme sur le cadran ne serait plus une surface de révolution. Mais comme il serait très-difficile d'exécuter avec précision des surfaces qu'on ne pourrait pas travailler sur le tour, appliqué à l'éclairage du cadran de l'Hôtel de ville la forme du miroir, bien que tracée pour le cas où le réflecteur aurait été placé à la même distance que le milieu du cadran, en ayant soin seulement de l'incliner de la quantité nécessaire pour que le contour du cercle lumineux projetait coïncidât avec le contour du cadran. De cette manière

N° XXVI (B). *terne. La forme bombée du cadran de l'Hôte le recouvre sont bien moins favorables à l'égalité de surface plane peinte en blanc mat. Néanmoins, les deux se lisent très-bien, et la différence de clarté qu'on voit au haut et le bas du cadran n'est pas assez tranchée pour gêner. L'un portant l'autre, la quantité de lumière qui tombe sur le cadran est environ six fois aussi grande que celle d'une lampe semblable sans réflecteur, c'est-à-dire qu'il par le réflecteur équivaut à cinq becs de quinquet.*

La méthode que j'ai suivie dans le tracé du cadran consiste à considérer chaque petit arc de la courbe comme un plan, et à lui faire faire un angle égal avec la direction du foyer et avec la direction qu'on veut donner à la trace ainsi la courbe par une suite de tangentes. On peut calculer son équation. Ce procédé géométrique s'applique avec avantage à beaucoup d'autres problèmes.

Après avoir construit le réflecteur d'après le plan, je l'exposai, je l'ai renfermé avec sa lampe dans une boîte à les garantir du vent et de la pluie. Cette boîte est du côté du cadran, pour laisser passer les rayons du soleil et l'éclairer. Comme elle masque des autres côtés, le quinquet placé à son foyer, et ne laisse rien voir, elle est difficilement aperçue la nuit par les spectateurs du cadran.

Elle est attachée par une armature à une poutre à l'extrémité supérieure, tirée par une corde, et maintenue par une douille pratiquée dans le bras horizontal de la poutre.

ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE

efforts et sans secousses. Pour l'empêcher de tourner pendant qu'on l'élève ou qu'on la descend, on a passé, dans une petite tige de fer attachée derrière l'armature de la lanterne, une autre corde, qu'on fait descendre d'abord, et dont on tire en bas, avant de laisser dérouler la corde plus forte qui soutient la lanterne; de manière que, lorsque celle-ci vient à descendre, elle est obligée de suivre cette première corde, qui lui sert de guide. Quand on a allumé la lampe, on commence par la remonter le long du conducteur tendu, pour diriger l'ascension de la lanterne, et empêcher d'osciller et de tourner; de façon que le tenon de fer qui surmonte l'armature vient toujours se présenter dans le même sens à la douille de la potence qui doit le recevoir. La corde qui a servi de conducteur.

On voit que le service de cette lanterne est simple et peut se faire assez promptement; mais il exige deux personnes, l'une pour allumer la lampe, et l'autre en haut, pour la monter. Si on n'avait pas trouvé d'inconvénient à porter de la lumière dans les hauteurs du bâtiment, on aurait pu disposer les choses de telle sorte que cela n'exigeât qu'une seule personne. Il aurait suffi pour cela de fixer la potence sur deux gonds, au lieu de la sceller dans le mur, et, par un petit escalier pratiqué à droite ou à gauche, la lumière aurait pu venir prendre la lampe (en faisant

N° XXVI (B). il paraîtrait que sa superficie est au moins de l'Hôtel de ville de Paris. Dans cette lanterne destinée à éclairer cet énorme ca pareils à celui de l'Hôtel de ville, portant de quinquet; ou, ce qui serait plus simple, un réflecteur de 0^m,40 d'ouverture et 0^m,29 de hauteur, quel on placerait un bec de lampe ayant tel que les becs que nous avons fait faire, M. le directeur des phares. Ils produisent l'effet de c la quantité d'huile qu'ils consomment est en proportion.

N° XXVI (C). éléments extrêmes ont été sous-divisés d'autant bord.

3° Du foyer F comme centre a été décrit u lumineuse), avec un rayon déterminé par la c l'extrémité C' du diamètre au point d'intersec le rayon incident FO rasant le bord du réflec cadran réduit au dixième ⁽¹⁾.

4° Du même point C' comme centre, et égaux à ceux des trente divisions (n) , $(n-1)$, (divisions, ont été décrits des arcs dont les in CMM' ont déterminé les points de division d proportionnelles aux zones circulaires du ca menés n rayons par ces points d'intersection.

5° Passant ensuite au tracé des séries de t successives devaient déterminer approximativ réflecteur, au dixième et en grandeur d'exécu de départ les extrémités o , o' et O , O' des de menées par o et o' aux lignes milieu des de lignes milieu de leurs suppléments) ont don n° (n) à la petite courbe, et les deux parallél O' ont donné de même les deux tangentes ext

La rencontre de ces tangentes avec les r suivants (que nous désignerons par $F^{(n-1)}$) $(n-1)$ des profils, et les perpendiculaires m milieu des angles compris entre les rayons in

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

XXVII.

CORRESPONDANCE ET NOTES

RELATIVES

U SYSTÈME PROPOSÉ PAR L'INGÉNIEUR LOCATEUR
POUR L'ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES ^(*).

N° XXVII¹.

LETTRE DU VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD,

CHARGÉ DU DÉPARTEMENT DES BEAUX-ARTS,

À M. AUGUSTIN FRESNEL,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Paris, le 19 janvier 1827

état d'imperfection où est resté l'éclairage de l'intérieur des théâtres. Monsieur avec les progrès faits par les autres parties de l'ar-

N° XXVII¹. système dont dépendent la plupart des illusions optiques. J'ai appelé à Paris un ingénieur, inventeur d'un mode de construction d'appareil propre à remplacer les lustres actuels des théâtres. Il paraîtrait devoir résulter de grands avantages, et mon intention est de lui donner tout l'appui que je pourrai avant d'adopter les idées de M. Locatelli et de ses collègues. Quelques travaux, je désire confier l'examen de ses plans à des personnes qui, par leurs connaissances théoriques et pratiques, pourront en apprécier leur utilité réelle. En conséquence, j'ai nommé une Commission composée de cinq membres, et dont le président est le comte de Turpin, inspecteur général au Département de l'Intérieur. Monsieur, dans les connaissances que vous avez acquises de l'art, il me sera agréable d'apprendre que vous conviendrez de cette Commission, dont je vous ai nommé membre.

La première séance de cette Commission doit avoir lieu le 15 courant, à midi précis, à l'hôtel du Département de l'Intérieur, rue de la Harpe-Saint-Germain, n° 119, et, en vous invitant à y assister, que vous exprimer de nouveau le désir que j'ai formé de soumettre l'examen des plans de M. Locatelli.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération

L'aide de camp du Roi, chargé

V^{te} DE LA

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

ivement des effets que produirait l'*astro-lampe* de M. Locatelli. En supposant que la lumière de ses soixante et douze becs d'Argant soit distribuée dans la salle de la manière la plus avantageuse, j'ai trouvé que les spectateurs seraient éclairés par une lumière égale en intensité à celle que donne un quinquet à 6 pieds de distance. Il s'agit donc d'envelopper la lumière d'une intensité pareille sur un point des premières ou des troisièmes loges, avec un réflecteur placé au milieu du plafond, pour produire à peu près l'effet de l'*astro-lampe*.

Le moyen le plus simple de remplir cet objet n'est pas d'employer quelques éléments de l'*astro-lampe*, comme je l'avais proposé, mais de construire un réflecteur qui produise l'intensité de lumière indiquée par le calcul. Les réflecteurs de M. Locatelli seraient probablement trop grands pour les troisièmes loges; mais ils seraient trop faibles pour les premières, beaucoup plus éloignées du point radieux. On pourrait faire construire à peu de frais deux réflecteurs de dimensions convenables. Je crois que cette dépense n'excéderait pas 80 francs si vous le désirez, Monsieur le Comte, je puis les commander dès à présent à M. Pixii, fabricant d'instruments de physique, qui me comprendra aisément que M. Locatelli, dont je n'ai pas l'adresse. Dans le cas où, notre but n'étant pas d'employer l'*astro-lampe*, mais de produire en un point de la salle un effet équivalent au sien, il me semble qu'on peut se dispenser d'avoir recours à M. Locatelli, qui d'ailleurs se

LE COMTE TURPIN DE CRISSÉ À

Monsieur,

J'ai reçu la lettre que vous avez bien voulu m'adresser. Les calculs que vous avez faits relativement à la construction de la machine de Crissé, quelque confiance que nous puissions avoir dans votre sagesse, me semble que l'expérience seule, faite un peu tard, ne peut que détruire les espérances et les promesses de l'inventeur.

Je pense aussi, Monsieur, que nous ne pouvons pas charger ce travail. Si nous chargions M. Pixii de la fabrication de la machine, il pourrait supposer qu'ils n'auraient pas pu s'en tirer, et nous nous trouverions responsables de l'expérience. J'aurai donc l'honneur de vous proposer à M. Pixii comme parfaitement capable de confier à lui ce travail sera fait sous les yeux mêmes de l'inventeur. Je vous prie aussi de vouloir bien nous donner l'adresse de la Commission, soit au Département des Beaux-Arts, soit au Ministère de l'Intérieur, afin de pouvoir vous en accorder encore vos bons avis lorsque nous en aurons besoin.

Veillez, Monsieur, recevoir encore nos remerciements pour la haute considération et des sentiments distingués que vous m'avez fait honorer d'être votre très-humble serviteur.

L'inspecteur gé-

N^o XXVII⁴.

AUGUSTIN FRESNEL AU COMTE TURPIN D.

Paris, le 1^{er}

Monsieur le Comte,

Il y a sans doute à Paris beaucoup d'autres artistes capables de bien faire des réflecteurs paraboliques dont rait les calibres. Si j'ai indiqué M. Pixii, c'est parce qu'il n'est pas très-loin de chez moi, et qu'il m'aurait été plus commode de lui confier ce travail dans son atelier; mais les mêmes raisons valent sans doute pour M. Locatelli. Au reste, voici l'adresse de la personne à qui le cas où elle pourrait lui être utile : c'est *rue du Jardinets, l'École de médecine*.

L'expérience que j'avais proposée n'était point destinée à prouver que M. Locatelli, qui en rejetterait probablement les conséquences, était défavorable à son système; voilà pourquoi je persiste à penser qu'il est inutile d'avoir recours à lui pour la faire. Mon but était de procurer, à peu de frais, à la Commission une représentation de l'astro-lampe, sous le rapport de la direction et de l'intensité de la lumière. L'intensité, qu'il suffit de reproduire à peu près, aurait pu être comparée à celle d'un quinquet, et en examinant le rapport, un calcul très-simple par lequel j'ai évalué approximativement la quantité de lumière que répandrait l'astro-lampe. Quant à la direction de la lumière, n'est plus facile que d'imiter exactement celle de l'astro-

XXVII⁴. et que je l'avais prévenue qu'il fallait avoir déterminé ces dimensions.

Au reste, Monsieur le Comte, je suis si occupé en ce moment, que je dois me féliciter de n'avoir pas dit que je vous ai offert de me charger de préparer le rapport. Je n'en suis pas moins toujours prêt à consacrer à la Commission et à vous donner mon avis, quand vous en aurez besoin.

Je suis, etc.

N° XXVII⁵.

NOTE

SUR LE SYSTÈME DE M.

POUR L'ÉCLAIRAGE DES SALLES DE CLASSE.

[Adressée au v^{te} Sosthène DE LA ROCHEFOUCAULD.]

Les raisonnements de M. Locatelli ne présentent aucune démonstration convaincante des avantages de son système.

^(*) Cette Note était accompagnée de la lettre d'envoi suivante :

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

D'abord, si cet appareil nécessite l'emploi de cent éclairer seulement la salle, il sera moins économique ordinaires.

Il ne gênera pas, à la vérité, comme ceux-ci, une p tateurs placés dans le haut de la salle; mais il éclairera défavorable la figure de ceux qui occuperont les pren en raison de la direction des rayons, qui s'approchera tr cale. Je ne saurais admettre avec M. Locatelli que les e lampe puissent ressembler à ceux de la clarté du jour. E les objets éclairés par le soleil le sont aussi de tous côtés quantité de lumière qui vient de l'atmosphère, et par la lante du sol, ce qui adoucit beaucoup les ombres portées tances ne seront pas semblables dans une salle éclair lampe. Il y a deux parties considérables de sa superficie bien peu de lumière diffuse: le plafond, en raison de la r dont il sera éclairé, et le parterre, à cause des habits n teurs. Ainsi les ombres portées de l'astro-lampe ne seront par la lumière de la scène et par les rayons réfléchis a les galeries.

Je n'ai pas assez étudié l'astro-lampe de M. Locat d'avance s'il répandra sa lumière d'une manière conv uniformité dans les diverses parties de la salle. Je ne p prendre cet examen un peu pénible que que la desin

N° XXVII⁵. ou hyperbolique, et non point parabolique. Une lampe, en sorte que l'on n'aurait pas de réflecteurs concaves pour faire diverger les rayons. Dans chaque réflecteur, il serait aisé d'obtenir une forme qui paraîtrait la plus avantageuse à l'éclairage. Par exemple, on pourrait à volonté augmenter ou diminuer les loges et des galeries latérales, c'est-à-dire des loges et des galeries latérales, la quantité des rayons dirigés sur le point éclairé.

Ce système me paraît être celui qui convient à toutes les combinaisons, et qui doit éclairer avec la plus avantageuse, en même temps la division des lumières.

N° XXVII⁶.

PROGRAMME

DES EXPÉRIENCES NÉCESSAIRES POUR
ET LES INCONVÉNIENTS DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

PROPOSÉ PAR M. LOUVE

entées à la Commission serviront à cette expérience, pour laquelle il faudra de faire construire une troisième lanterne, dont on argentera l'intérieur.

Après avoir comparé l'effet particulier de chacun des réflecteurs de M. Locatelli à celui des réflecteurs ordinaires, il faut tâcher de se faire une idée juste de l'effet général résultant de la réunion de ceux-là pour l'éclairage de la scène. Pour cela, le moyen le plus sûr est d'éclairer successivement la scène tout entière avec des réflecteurs de M. Locatelli, puis avec des réflecteurs ordinaires, en choisissant un des théâtres, afin de diminuer la dépense. Les frais de cette expérience ne seront pas très-considérables, si on la fait dans la scène de l'Opéra de ***

Quant à l'astro-lampe de M. Locatelli, qui est destiné à éclairer l'intérieur d'une grande salle de spectacle, il paraît difficile, au premier abord, de juger de ses effets sans le construire entièrement et sur les dimensions indiquées par l'inventeur : or la construction d'un tel appareil coûterait 6,000 ou 7,000 francs, d'après l'estimation de l'inventeur, et peut-être davantage.

Mais il est aisé de voir que la plupart des questions relatives au nouveau système d'illumination peuvent être résolues à peu de frais, en employant seulement quelques éléments de l'appareil et en examinant les effets qu'ils produisent sur les parties de la salle qu'ils doivent éclairer. Il suffit de faire construire trois petits réflecteurs respectivement semblables à ceux qui doivent éclairer le plafond, à ceux qui envoient leur lumière sur les premières galeries et à ceux qui envoient la leur sur les secondes loges. Il ne faudra de verres concaves que pour les deux derniers réflecteurs.

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

N^o XXVII⁶. allongées viendront accuser les ondulations des personnes placées aux premières galeries. Une direction trop verticale, leurs yeux paraîtront plus saillant, en raison de l'étendue des surfaces. Ce sera, vieillira, inconvénient grave au jugement d'un jury.

N^o XXVII⁷.

EXPÉRIENCE

SUR LA LAMPE DE M. LOCATELLI

[16 avril 1827.]

M. Locatelli avait fait brûler, le matin, cette lampe pendant une heure, en essayant successivement. Sa lumière nous avait paru aussi blanche que celle de la lampe de Carcel, et d'un tiers plus forte.

J'ai rallumé cette lampe à 7 heures 25 minutes. Elle avait préalablement pesée avec soin; je l'ai éteinte, et pour la peser de nouveau, et j'ai trouvé dans la pesée de 100 grammes; ainsi elle a consommé 100 grammes de

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

donner une idée de l'affaiblissement de la lumière de M. Locatelli, je dirai que, à 9 heures $\frac{1}{2}$, au moment où cette lampe, sa lumière surpassait à peine celle de la Carcel. A 11 heures, les flammes de celle-là avaient considérablement baissé. Je me suis réveillé cette nuit à 2 heures $\frac{1}{2}$, et à ce moment d'insomnie pour examiner la lampe de M. Locatelli, je l'ai trouvée presque éteinte. J'ai pensé d'abord que cela provenait d'un manque d'huile; mais j'en ai trouvé encore un peu dans le réservoir mobile, et le bas du réservoir fixe en était garni : ainsi l'extinction provenait de la carbonisation des mèches.

J'ai dû conclure de cet essai que les mèches de M. Locatelli, qu'il a pu les fabriquer à Paris, sont inférieures, pour l'éclairage, aux mèches ordinaires de coton.

En comparant avec beaucoup d'attention les couleurs des flammes portées d'un crayon, j'ai trouvé que celle qui était produite par la lampe de M. Locatelli était un tant soit peu rougeâtre, tandis que l'autre paraissait légèrement bleuâtre, par opposition : ainsi la flamme de cette lampe n'était pas tout à fait aussi blanche que celle de la lampe de Carcel.

Je viens de dire que l'intensité moyenne de celle-là était à peu près à une fois et un tiers celle de l'autre, pendant la combustion. Cette lampe occasionne une consommation de 57 grammes par heure.

APPAREILS D'ÉCLA

N° XXVII. Lampe dont je viens de faire l'essai ne peut
dans son état actuel, qu'à un quinquet de
est même très-inférieure sous le rapport d

N° XXVII^s.

DEUXIÈME EXPÉR

FAITE LE 8 MAI 1827,

POUR ESSAYER LES NOUVELLES MÈCH

En me remettant sa lampe pour l'essayer
m'a prévenu qu'il en avait déjà tenu les mè
demi-heure.

J'ai allumé cette lampe à 2 heures 5 min
jugé, d'après la hauteur des flammes, que l
vait être à peu près la même que dans l'ex
à-dire égale à une fois et un tiers celle de
ce que je n'ai pas cru nécessaire de vérifier

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

ite à 1 centimètre de hauteur, compté de dessus la mèche, a
eu primitivement 4 centimètres $\frac{1}{2}$.

7 heures 25 minutes, c'est-à-dire après cinq heures cinquante
s de combustion totale, j'ai mesuré l'intensité de la lumière
e de M. Locatelli, en la comparant à celle de ma lampe de Ca
l'ai trouvée réduite au quart de celle-ci, ou au cinquièm
ntensité primitive.

8 heures, une flamme était presque éteinte, et une autre
e.

10 heures, il n'y avait encore aucune flamme entièrement éte
elles étaient toutes très-courtes et ne jetaient plus qu'une f
é; les mèches étaient rouges et fortement charbonnées.

résulte de cette expérience sur les nouvelles mèches de M. L
qu'elles ne valent pas encore celles des quinquets ordinaires,
après six heures de combustion seulement, la lumière de sa la
ouvait déjà réduite au cinquième de son intensité primitive.

aris, le 10 mai 1827.

A. FRESNEL.

N^o XXVII^o. ne montraient pas encore de propension à se former. Il s'était seulement formé un champignon.

J'ai allumé la lampe de M. Locatelli et j'ai mesuré l'intensité de sa lumière, d'abord à 6 heures 10 minutes, à 8 heures 25 minutes, en la comparant à un quinquet. Après chaque observation, pour n'en point altérer la flamme duquel je tâchais de rendre compte (1). Je ne puis pas répondre que cette intensité est parfaitement constante, mais j'estime qu'elle n'a dû excéder un dixième ou un huitième. À 9 heures 25 minutes n'indiquait pas excéder un dixième dans la clarté de la lampe de M. Locatelli qu'elle a conservé sensiblement la même intensité de combustion.

Cette expérience établirait incontestablement l'infériorité des lampes de M. Locatelli sur les quinquets. Mais la circonstance qui l'empêche d'être décisive. Le réservoir d'huile se trouvait trop haut (probablement au-dessus du ferblantier), en sorte que l'huile dégorgeait avec une abondance. De cette manière, la lampe de M. Locatelli avait les avantages d'une lampe de Carcel, et l'inconvénient d'une lampe de Carcel.

ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

moment où il serait en mesure de présenter des app
faits ^(a).

Paris, le 11 mai 1827.

A. F.

LETTRE D'ENVOI À M. LE COMTE TURPIN D

INSPECTEUR GÉNÉRAL AU DÉPARTEMENT DES BEAUX-ARTS.

Paris,

Monsieur le Comte,

J'ai l'honneur de vous adresser le procès-verbal
expérience que je viens de faire, à la demande de M. L
sultat est beaucoup plus favorable à sa lampe que celu
précédents, sans être encore entièrement décisif, par
qui ne permet pas de tirer des conséquences certaine
expérience. Je dois convenir néanmoins qu'elle m'a
meilleure opinion de la durée des mèches de M. Loca

Je suis, etc.

A. F.

N° XXVII¹⁰.

LE VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD À AUGUS

Paris

APPAREILS D'ÉCL

N° XXVII¹⁰.

La plupart des membres ayant également des observations faites avec soin, que les mèches de ces lampes avaient une clarté constamment égale et traient pendant vingt-quatre heures: quelques-uns même ayant fait brûler pendant quatorze heures, en observant une clarté toujours égale, les légères différences qui peuvent exister dans les résultats émises sur cette question provenaient des accidents qui se produisent dans les appareils qui n'ont pu encore être faits avec l'exactitude que l'auteur croit indispensable de leur donner, lors de leur usage habituel.

En outre, la somme des opinions étant très grande, les moyens aux quels s'adaptent ces mèches, leur simplicité, leur promptement reconnue propre à les rendre d'un service très utile dans les lampes et quinquets actuellement employés, justifient l'usage de ce nouveau système d'éclairage.

Je vous remercie beaucoup des soins constants que vous avez donnés à veiller les opérations auxquelles, jusqu'à ce jour, vous avez donné lieu.

Vos observations sur l'astro-lampe ont fixé l'attention sur un moyen que vous voulez bien indiquer pour l'éclairage des ingénieurs; mais les dispositions de localités sont à considérer pour la production de ce système. Cependant il sera bon de faire un projet conçu dans un véritable but d'utilité.

Malgré l'opinion encore incertaine des mem

APPENDICE.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FI

PAR FRANÇOIS ARAGO.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

APPENDICE.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

LU EN SÉANCE PUBLIQUE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, LE 26 JUILLET 1830,

PAR FRANÇOIS ARAGO ^(a).

Messieurs, « il est des hommes à qui l'on succède et que personne ne remplace. » Ces paroles d'un des plus honorables écrivains de notre temps sont reproduites comme la formule convenue d'une modestie de circonstance, sont aujourd'hui dans ma bouche l'expression fidèle de ce que j'éprouve. Je pourrais-je, en effet, sans la plus vive émotion, venir occuper cette tribune une place qu'a si dignement remplie, pendant huit années, notre illustre dont la mort inattendue ne laisse pas moins de regret et de tristesse qu'aux sciences et aux lettres?

Mon aveu sincère de ma juste défiance, ce n'est pas ici, Messieurs, que je le ferais pour la première fois. Presque tous les membres de l'Académie ont été tour à tour les confidents de mes scrupules, et leur encourageante

veillance est à peine parvenue à les surmonter. Ses recherches purement scientifiques, tout à fait nouvelles, jusqu'à ce moment, avaient paru indisposées, tions qu'on m'a confiées, je ne pouvais avoir le facile mérite d'un zèle soutenu, d'un dévouement et du désir ardent, qu'en toute occasion j'ai cherché qu'elle s'est acquise grandir, si c'est possible. Mais que M. Fourier laisse parmi nous, je l'ai reçu sans réserve, se fera surtout sentir dans ces occasions que vous vous rappellerez ce langage dans lequel s'alliait si heureusement à l'élégance et à la simplicité que l'indulgence de l'Académie me présageait que le public daignerait m'honorer; autrement aurait-elle une voix inexpérimentée après l'éloquent intermédiaire à côté de celui que nous avons le bonheur d'avoir.

Cet Éloge, au reste, je me hâte de le donner. Je demanderai même qu'on veuille bien l'insérer dans la mémoire scientifique, dans lequel, à l'occasion, j'examine les progrès que plusieurs des branches de l'optique ont faits de nos jours. A une époque où la France, de la Faculté de Paris, du Jardin des Plantes, l'affluence d'auditeurs, il m'a semblé que l'Académie même entretenir directement le public, en lui permettant d'assister à ces réunions, de quelques-unes de

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

avantage de parler devant une assemblée familiarisée avec des études sérieuses, dont on peut réclamer avec confiance une attention que Fontenelle, au commencement du XVIII^e siècle, aurait difficilement obtenue, et qui n'était que frivole à laquelle il s'adressait.

FIN DE FRESNEL. — SON ENTRÉE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET DANS LE CORPS DES ARTS ET CHAUSSÉES. — SA DESTITUTION POUR AVOIR ÉTÉ REJOINDRE L'ARMÉE RUSSE EN ALGERIE. — LA PALUD.

Augustin-Jean Fresnel naquit le 10 mai 1788, à Broglie, près de Beaufort, dans cette partie de l'ancienne province de Normandie qui forme aujourd'hui le département de l'Eure. Son père était architecte, et, en cette qualité, le gouvernement militaire lui avait confié la construction du fort de Querqueville, à l'extrémité de la rade de Cherbourg. Mais la tourmente révolutionnaire, qui l'avait forcé d'abandonner ces travaux, il se retira avec toute sa famille dans une modeste propriété qu'il possédait près de Caen, à Mathieu, petit village qui déjà n'était pas sans quelque illustration, puisque c'est la patrie du poète Marot, père du célèbre Clément. M^{me} Fresnel, dont le nom de famille (née) devait aussi un jour devenir cher aux arts et aux lettres, possédait les plus heureuses qualités du cœur et de l'esprit; l'instruction soignée qu'elle avait reçue dans sa jeunesse lui permit de s'associer avec son mari, pendant huit années consécutives, aux efforts que faisait son mari pour l'éducation de leurs quatre enfants. Les progrès du fils aîné^(a) furent brillants et rapides. Augustin, au contraire, avançait dans ses études avec une extrême

APPENDICE.

très-peu de cas des exercices qui s'adressent sensiblement, d'ailleurs, assez rebelle en général, se faire retenir des mots, dès qu'ils ne se rattachaient point à une idée et ourdie fortement ^(a). Aussi, je dois l'avouer sans réserve, les prévisions concernant l'avenir d'un enfant sont souvent en défaut. Les élèves qui ont obtenu le premier prix complet des premières places qu'il a obtenues, et qui, en version, n'auraient jamais imaginé qu'Augustin Fresnel, les savants les plus distingués de notre époque. Quant à moi, j'en avais au contraire jugé avec cette sagacité que l'on appelle l'homme de génie. Ce titre pompeux que j'ai employé à l'occasion de recherches expérimentales (on ne peut dire qu'elle n'est que juste) auxquelles il se livra, à l'âge de dix ans, les rapports de longueur et de calibre qui donnaient lieu aux petites canonnières de bureau dont les enfants se servent pour déterminer quels sont les bois verts ou secs, et dans la fabrication des arcs, sous le double rapport de la durée. Le physicien de neuf ans avait exécuté avec un plein succès, que des hochets jusque-là fort insignifiants, des armes dangereuses, qu'il eut l'honneur de voir examiner par l'expressé des parents assemblés de tous les combats.

En 1801, Fresnel, âgé de treize ans, quitta l'école à Caen avec son frère aîné. L'école centrale de Caen, qui a toujours été en honneur, présentait alors une rare rareté. Les excellentes leçons de mathématiques

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

esse, celui dont un cœur bien né conserve le plus profond souvenir. A la connaissance qu'avait vouée Fresnel à ses dignes professeurs de Caen une constamment vive et respectueuse. Les écoles centrales elles-mêmes eurent une large part dans son souvenir, et j'ai quelques raisons de croire qu'il aurait trouvé diverses réminiscences de ces anciennes institutions dans d'études qu'il voulait publier.

Fresnel entra, à seize ans et demi, à l'École polytechnique, où son père l'avait précédé d'une année. Sa santé était alors extrêmement faible; on craint qu'il ne pût pas supporter les fatigues d'un aussi rude noviciat. Ce corps débile renfermait l'âme la plus vigoureuse; et, en toutes choses, une ferme volonté de réussir est déjà la moitié du succès; d'ailleurs la dextérité de Fresnel pour les arts graphiques était presque sans égale, et, sous ce rapport, il pouvait marcher de pair avec les plus habiles de ses camarades, malgré l'imposant un travail journalier beaucoup moins long. Lorsque Fresnel eut terminé les cours de l'École polytechnique, un savant dont l'âge n'a pas ralenti le zèle, que l'Académie des sciences a le bonheur de compter parmi ses membres les plus actifs, les plus assidus, et qu'il me faudra désigner, puis-je le dire, par le seul titre de doyen des géomètres vivants, remplissant les fonctions d'examineur. Dans le courant de l'année 1804, il proposa pour concours, comme sujet de concours, une question de géométrie. Plusieurs se présentèrent; mais la solution de Fresnel fixa particulièrement l'attention de l'Académie^(a); car les hommes supérieurs jouissent de l'heureux privilège de découvrir, même sur de légers indices, les talents qui doivent jeter un jour sur eux. M. Legendre, son nom m'échappe, complimenta publiquement le

APPENDICE.

posait les fondements d'une ville nouvelle. To-
veuille embrasser, attend avec la plus vive im-
déposer ce titre. Pour lui, en vingt-quatre h-
complètement d'aspect : il recevait des leçons,
d'ailleurs lui promettre tout ce qu'un siècle a
quelques rares individus, favorisés du sort.

Peu d'ingénieurs, par exemple, reçoivent
dès ce moment, appelés, soit (nouveaux Rique-
terrannée par un grand canal qui conduira les
centre du royaume; soit à tracer sur la croup-
hardie dont la sommité se perd dans la régi-
le voyageur cependant peut affronter sans cra-
Celui-ci a conçu l'espoir d'orner la capitale d'u-
fois inébranlables, où le hardi ciseau d'un Da-
mer le marbre; l'autre, renouvelant les gigan-
arrête les tempêtes à l'entrée de certaines rade-
navires de commerce, s'associe enfin à la glo-
leur fournissant de nouveaux moyens d'attaqu-
bitieux ont songé à redresser le cours des pri-
des barrages, leurs eaux moins rapides et plus
tagnes mouvantes qui, sous le nom de dunes
riches contrées et les transforment en stériles

Je n'oserais pas affirmer que, malgré l'extr-
Fresnel échappa tout à fait à ces heureux rêve-

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

s états de compte, toiser scrupuleusement leurs ouvrages : telles étaient ses fonctions fort utiles, mais très-peu relevées, très-peu scientifiques. Fresnel eut à remplir, pendant huit à neuf années, dans la Vendée, dans la Loire, dans Ile-et-Vilaine. Combien un esprit de cette portée ne devait être péniblement affecté, quand il comparait l'usage qu'il aurait pu faire de ses heures qui passent si vite avec la manière dont il les dépensait ! Mais Fresnel, l'homme consciencieux marchait toujours en première ligne. Il s'acquitta-t-il constamment de ses devoirs d'ingénieur avec le plus rigoureux scrupule. La mission de défendre les deniers de l'État, d'en obtenir le meilleur emploi possible, se présentait à ses yeux comme une question de conscience. Le fonctionnaire, quel que fût son rang, qui lui soumettait un compte, devenait à l'instant l'objet de son profond mépris. Fresnel ne connut pas les ménagements auxquels des personnes, d'ailleurs très-estimables, étoient quelquefois tenues par esprit de corps. Toute confraternité cessa pour lui, malgré les similitudes de titres et d'uniformes, dès qu'on n'avait pas été probité à l'abri du soupçon. Dans ces circonstances, la douceur habituelle de ses manières disparaissait, pour faire place à une roideur, je dirai même, à une sévérité, qui, dans ce siècle de concessions, lui attira de nombreux désagréments. Ses opinions purement spéculatives d'un homme de cabinet, concernant l'organisation politique de la société doivent en général trop peu intéresser le public pour qu'il soit nécessaire d'en faire mention ; mais l'influence qu'il exerça sur la carrière de Fresnel ne me permet pas de les taire. Fresnel, comme tant de bons esprits, s'associa vivement en 1814 aux vœux que le retour de la famille des Bourbons faisait naître. La char-

APPENDICE

de n'y trouver que des hommes de sa trempe pénible qu'il éprouva dès sa première entrevue duquel il allait se placer. Touché de l'air martial du chef lui témoigne combien il est surpris qu'il se livre aux fatigues et aux dangers d'une guerre civile.

« lui dit-il, vous ont peut-être commandé cette guerre ? »

« n'ai pris conseil que de moi. — Je vous en ai dit assez, vous a-t-on menacé de ne pas payer vos appointements ? »

« nance semblable ne m'a été faite ; mes appointements sont payés. — Fort bien ; mais je dois, entre nous, ne pas guère compter ici que sur le casuel. — J'ai conscience que je n'espère et ne désire aucune récompense pour remplir un devoir. — A merveille, Monsieur, mais un promoteur de la cause royale doit penser et agir avec précaution ; tenez, comptez sur ma bienveillance. » Cet homme démentit point, et les questions qui d'abord avaient paru seulement que son interlocuteur, moins novice que le monde, savait par expérience qu'un rassemblement de couleur qu'il se pare, renferme plus d'un individu que des apparences trompeuses, cache des intérêts.

Fresnel rentra à Nyons, sa résidence habituelle des événements de la Palud l'y avait prouvé que signifie ce terme dans les départements méridionaux. Peu de jours après, un commissaire

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

des brillantes découvertes qui, dans les premières années de ce siècle, ont régénéré totalement la face de l'optique.

PREMIERS MÉMOIRES DE FRESNEL.

Le premier mémoire de science que Fresnel ait rédigé remonte à l'année 1814. C'était un essai destiné à rectifier l'explication fort imparfaite du phénomène de l'aberration annuelle des étoiles, qui généralement suivie dans les ouvrages élémentaires. La géométrie et la physique ont également avouer la nouvelle démonstration; mais, malheureusement, elle ressemblait beaucoup à celle de Bradley lui-même et de Clairaut. Je ne saurais trop louer un débutant et stimuler son zèle, on se ferait étrangement illusion; mais, si l'on croyait que de telles rencontres satisfont l'auteur, il se flatte d'un débutant et stimuler son zèle, on se ferait étrangement illusion. Cependant, un auteur supporterait avec philosophie, je veux bien l'admettre, le plaisir d'avoir inutilement usé ses forces pendant des années entières à la recherche d'une vérité déjà aperçue auparavant; il renoncerait de lui-même à la grâce à la flatteuse espérance de voir son nom attaché à quelque découverte; mais ne doit-il pas être vivement inquiet, quand il apprend que, pour avoir ignoré l'existence de tel ouvrage, auquel personne n'aurait, il sera peut-être traité de plagiaire; quand il peut craindre qu'un ouvrage sans tache ne soit pas une sauvegarde suffisante contre de telles imputations? Le public, nonobstant les dénégations les plus expresses, suppose presque toujours qu'un auteur a connu tout ce qu'il a pu connaître, et le droit de lui est investi de traiter avec une sévérité implacable ceux qui sciemment

APPENDICE.

dicton populaire devenu chez lui une formule *ouvertes*.

Les premières recherches expérimentales de commencement de 1815; mais, à partir de cette époque, rent aux mémoires, les découvertes aux découvertes. L'histoire des sciences offre peu d'exemples. L'écrivait de Nyons : « Je ne sais ce qu'on entend par prier M. Mérimée, mon oncle, de m'envoyer ce que je pourrai l'apprendre. » Huit mois s'étaient à ces vieux travaux l'avaient placé parmi les plus célèbres de l'époque. En 1819, il remportait un prix proposé par la Société de physique pour la solution si difficile de la diffraction. En 1823, il fut élu à cette compagnie, à l'unanimité des suffrages, ce qui ne suppose pas seulement un mérite du premier ordre, mais part de tous les compétiteurs, un aveu d'infériorité. En 1825, la Société royale de Londres admettait à son sein de ses associés. Enfin, deux ans plus tard, elle lui fit un honneur par le comte de Rumford. Cet hommage d'un prince de l'Europe, ce jugement prononcé, chez une nation patriotes les plus éclairés de Newton, en faveur de sa guerre de prix à ses découvertes qu'autant qu'elle avait ce puissant génie s'était fait le défenseur, me semble d'un arrêt de la postérité. J'espère donc qu'il m'aidera, si, malgré tout mon désir de rester dans les sciences,

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

manière à réunir dans un seul groupe tous ceux qui se rapportent à des phénomènes analogues. Les phénomènes de la réfraction m'occuperont le plus.

Un bâton dont une partie plonge dans l'eau paraît brisé; les rayons lumineux qui sortent de la portion immergée doivent donc avoir changé de route en sortant de l'eau et en devenant brisés eux-mêmes, en passant de l'eau dans l'air. Naguère on ne faisait pas cette remarque les connaissances des anciens sur le phénomène de la réfraction. Mais en exhumant de la poussière des bibliothèques, où tant de trésors sont encore enfouis, un manuscrit de l'Optique de Ptolémée, on a trouvé que l'Optique d'Alexandrie ne s'était pas bornée à constater le fait de la réfraction, et cet ouvrage renferme, pour toutes les incidences, des déterminations numériques passablement exactes de la déviation des rayons, soit quand ils passent de l'air dans l'eau ou dans le verre, soit lorsqu'ils n'entrent dans le verre qu'en sortant de l'eau.

Quant à la loi mathématique de ces déviations, que l'Arabe Alhasen, et plus tard Vitellio, que Kepler et d'autres physiciens avaient inutilement cherchée, c'est à Descartes qu'on la doit. Je dis Descartes, et Descartes seul. Malgré les réclamations tardives d'Huyghens en faveur de son compatriote, si elles étaient accueillies, il faudrait renoncer à jamais écrire l'histoire des sciences. Une loi mathématique a plus d'importance qu'une découverte ordinaire, car elle est elle-même une source de découvertes. De simples transformations algébriques signalent alors aux observateurs une foule de résultats plus importants qu'ils ne le croient, dont ils se seraient difficilement avisés; mais ces résultats doivent être accueillis sans réserve, tant que la vérité de la loi primordiale est établie.

La question était parvenue à ce terme, lorsqu'un Islande apporta à Copenhague de beaux cristaux de la baie de Roërford. Leur grande épaisseur, leur transparence rendaient très-propres à des expériences de réfraction. On avait remis, s'empressa de les soumettre à divers essais. Étonnement lorsqu'il aperçut que la lumière s'y partait en deux rayons distincts, d'intensités précisément égales; lorsqu'il vit que, à travers ces cristaux d'Islande, qu'on a trouvés dans plusieurs localités, car ils ne sont que du carbonate de chaux, il y avait des rayons doubles! La théorie de la réfraction, tant de fois en besoin d'un nouvel examen; tout au moins elle était incomplète. Elle ne parlait que d'un rayon et qu'on en voyait deux. Leur écartement de ces deux rayons changeaient d'une manière la plus capricieuse, quand on passait d'une face à l'autre. Lorsque sur une face donnée la direction du rayon incident surmonta toutes ces difficultés; une loi générale se présenta. Son énoncé les moindres détails du phénomène; mais sa simplicité, malgré son élégance, fut méconnue. Les hypothèses pendant tant de siècles des guides inutiles ou infidèles; les considérations comme toute la physique, que, à l'époque des expérimentateurs en étaient venus sur ce point à une sorte de stagnation. Les réactions, même en matière de science, il est rare dans un milieu. Huyghens donne sa loi comme le fruit d'une longue expérience sans examen; les mesures dont il l'étaye ne rachètent pas son défaut de vicieux dans son origine. Newton lui-même se rallia à elle, et, dès ce moment, les progrès de l'optique sont arrêtés. Depuis, il n'a fallu rien moins que les nombreuses expériences de membres les plus célèbres de cette Académie, MM. Young, Brewster, pour remplacer la loi d'Huyghens au rang qui lui appartient.

mais sans avoir perdu celles dont tous les corps diaphanes sont doués. Tout cela était exact dans le cristal d'Islande; tout cela trop de hardiesse, pouvoir être généralisé. Eh bien, on se trouve des cristaux où le principe de la réfraction ordinaire ne se vérifie pas, deux faisceaux en lesquels la lumière incidente se partage éprouvant l'autre des réfractions anormales, où la loi de Descartes ne fera pas route d'aucun rayon.

Lorsque Fresnel publia pour la première fois ce fait inattendu, on n'avait encore vérifié qu'à l'aide d'une méthode indirecte, remarquable par la circonstance que la réfraction des rayons se déduit d'expériences où aucune réfraction ne s'est opérée. Aussi notre confrère trouvait cela incroyablement incrédule. La singularité de la découverte commandait peut-être la réserve; peut-être aussi, aux yeux de diverses personnes, avait-elle violé l'ancienne loi d'Huyghens, le tort d'être le fruit d'une hypothèse. En soit, Fresnel aborda la difficulté de front. En montrant, dans un cristal bipède de topaze formé de deux prismes de même angle adossés, un rayon ne passait entre deux faces opposées et parallèles sans se dévier, il rendit toute objection inutile.

Les physiciens, je pourrais citer ici les noms les plus célèbres, ont cherché à renfermer dans une seule règle tous les cas possibles de la réfraction s'étaient donc trompés, car ils admettaient unanimement un fait dont on ne pouvait douter, que pour la moitié de la lumière les rayons qu'ils appelaient *ordinaires*, les déviations devaient être en raison d'égalité d'incidence, dans quelque sens qu'on eût coupé le cristal. Cette loi de ces phénomènes compliqués, loi qui renferme comme cas particuliers les lois de Descartes et d'Huyghens, est due à Fresnel. Cette découverte au plus haut degré la réunion du talent des expériences et de la théorie.

Je viens de l'avouer, les phénomènes de la double réfraction

APPENDICE.

notre faible intelligence trouverait quelque peine à son mandat, que souvent on passerait ainsi à découvertes ?

L'astronomie aussi, bornée à la connaissance de quelques remarques insignifiantes sur les levers et à la portée de tous les esprits ; mais alors pour Lorsque, à la suite du travail le plus colossal qu'ait eut, Kepler substitua des mouvements elliptiques à des mouvements circulaires et réguliers qui, d'après les observations des planètes, ses contemporains eurent le droit de croire exactes. peu de temps après, dans les mains de Newton, ces observations, en apparence, furent la base de la plus grande découverte de son temps, d'un principe tout aussi simple qu'il est profond, par lequel on a prouvé que chaque planète est maîtrisée dans sa course par une attraction unique, par une attraction émanée du soleil.

Les observateurs qui, à leur tour, renchérissant sur les observations, ne suffirent pas des mouvements elliptiques pour expliquer les mouvements des planètes ne simplifièrent pas la science. Les perturbations connues sous le nom de *perturbations* existèrent, si, en haine de toute complication, on ne voulait pas le voir, je dois dire que, en les étudiant avec soin, on a obtenu d'autres importants résultats, au moyen de calculs sur les astres dont notre système solaire se compose, et d'aujourd'hui, par exemple, qu'il ne faudrait pas moins

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRE

ne saurait trop les multiplier. Un homme d'un esprit universel a souvent plaisir à cacher le sens le plus profond sous des figures. Voltaire, comparait toute théorie à une souris : « Elle passe, elle a des trous, mais elle est arrêtée par le dixième. » C'est en multipliant le nombre de ces trous, ou, pour parler d'une manière moins familière, des épreuves auxquelles une théorie doit satisfaire, que l'astronomie a gagné au rang qu'elle occupe dans l'estime des hommes, qu'elle occupe dans la première des sciences.

C'est en suivant la même marche qu'on pourra aussi examiner les différentes branches de la physique le caractère d'évidence dont elles jouissent sous quelques égards.

Dans chaque science d'observation, il faut distinguer les effets, les liens qui les lient entre eux, et les causes. Souvent les difficultés de l'expérience arrêtent les expérimentateurs après le premier pas; presque jamais ils ne parviennent au troisième. Les progrès que Fresnel avait faits, sous les deux premiers, dans l'étude de la double réfraction devaient naturellement le pousser à rechercher d'où pouvait dépendre un si singulier phénomène. Il a obtenu d'éclatants succès. Mais, pressé par le temps, je ne puis que faire connaître le plus saillant de ses résultats.

Lorsque Huyghens publia son *Traité de la lumière*, on connaît deux gemmes douées de la double réfraction, le carbonate de chaux et le quartz. Aujourd'hui, il serait beaucoup plus court de dire qu'ils ont cette propriété que de nommer ceux qui la possèdent. Il fallait qu'un corps diaphane eût présenté distinctement la

APPENDICE.

teur de la méthode avait trouvé lui-même de séparer les images d'une manière perceptible, c'est à tous les phénomènes en question; qu'un savant heck, prouva plus tard que tout verre brusquement comprimé, perdait ses propriétés; qu'enfin un très-habile physicien comprime en comprimant des masses de verre avec force qu'une plaque de verre ordinaire, ainsi modifiée par compression, sépare toujours la lumière en deux rayons; la démonstration est une démonstration incontestable, tel est le problème important qu'il résolut avec son bonheur accoutumé.

En plaçant sur une même ligne, et dans une même direction, des vis fortes vis ingénieusement disposées, quelques-unes desquelles soumettaient à de très-fortes pressions, Fresnel fit apparaître la double réfraction manifeste. Sous les rapports optiques, cet assemblage de vis ordinaire était donc un véritable cristal d'Islande; mais il avait aussi toutes les autres propriétés qui en découlent, et c'est l'action des vis de pression. Or cette action, analysée, se réduit à un seul effet : le rapprochement des molécules, suivant lequel elle s'exerçait, tandis que, dans le verre ordinaire, ces molécules conservaient leurs distances primitives. Cette remarquable expérience, qu'une disposition particulière due dans l'acte de la cristallisation, ne fût accompagnée de la double réfraction du carbonate de chaux et du carbonate de même espèce? Si l'on considère avec attention

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

a désignée par le nom de *théorie des interférences*. Elle me fournit de telles occasions de faire ressortir l'étonnante perspicacité de Fresnel et les innombrables ressources de son esprit inventif.

INTERFÉRENCES.

Le nom même d'*interférence* n'est guère sorti jusqu'à présent de l'enceinte des académies, et cependant j'ignore si aucune branche des connaissances humaines présente des phénomènes plus variés, plus curieux, plus étranges. Essayons de dégager le fait capital qui domine cette théorie, du langage scientifique dans lequel il est ordinairement enveloppé, et j'espère qu'en le reconnaissant qu'elle mérite au plus haut degré de fixer l'attention du public, je ne supposerai qu'un rayon de lumière solaire vienne rencontrer directement un écran quelconque, une belle feuille de papier blanc, par exemple. La partie du papier que le rayon frappera, comme de raison, sera resplendissante; mais si l'on croira-t-on maintenant, si je dis qu'il dépend de moi de rendre cette partie de l'écran complètement obscure, sans que pour cela il soit nécessaire d'arrêter le rayon ou de toucher au papier?

Quel est donc le procédé magique qui permet de transformer à volonté le jour en ombre, le jour en nuit? Ce procédé excitera plus de surprise et d'intérêt que le fait en lui-même; ce procédé consiste à diriger sur le papier, mais par une route légèrement différente, un second rayon lumineux, qui, pris avec le premier, et aussi, l'aurait fortement éclairé. Les deux rayons en se mêlant semblent produire une illumination plus vive; le doute à cet égard ne paraît pas

dont brillent les bulles de savon, Hooke crut d'interférences; il assigna même très-ingénieuses constances qui peuvent les faire naître; mais de preuves; et comme Newton, qui la connaissait dans son grand ouvrage, en faire la critique, en l'oublia.

La démonstration expérimentale et complète est toujours le principal titre du docteur Thomas Young à la postérité. Les recherches de cet illustre physicien, après la perte récente, avaient déjà conduit aux principes; je ne puis pas devoir m'abstenir de consigner ici l'énoncé. Young s'en empara, les étendit et montra toute leur fécondité.

Deux rayons lumineux ne pourront jamais se croiser d'origine commune, c'est-à-dire s'ils n'émanent pas d'une même particule d'un corps incandescent. Les rayons croisés ne interfèrent donc pas avec ceux qui proviennent du même point.

Parmi les mille rayons de nuances et de directions qui de la lumière blanche se compose, ceux-là seulement qui possèdent des couleurs et des réfrangibilités différentes, de manière qu'on s'y prenne, un rayon rouge n'anne pas avec un rayon violet.

Quant aux rayons de même origine et de même direction, ils se croisent constamment sans s'influencer; ils produisent la somme des intensités, si au moment de leur croisement leurs chemins parfaitement égaux.

Une interférence ne peut donc avoir lieu que si les rayons sont inégales; mais toute inégalité de marche entraîne nécessairement une destruction de lumière; il en résulte donc que les rayons, au contraire, s'ajoutent.

truction complète de deux rayons, tout multiple impair de ce sera aussi l'indice d'une semblable destruction.

Quant aux différences de route qui ne sont numériquement dans la première ni dans la seconde des deux séries que je vous en elles correspondent seulement à des destructions partielles de simples affaiblissements.

Ces séries de nombres, à l'aide desquels on peut savoir si, dans leur croisement, deux rayons doivent interférer ou seulement se détruire, n'ont pas la même valeur pour les lumières diversement colorées. Les plus petits nombres correspondent aux rayons violets, indigos et bleus, les grands, aux rouges, orangés, jaunes et verts. Il résulte de là que, si des blancs se croisent en un certain point, il sera possible que, dans ce point, de lumières diversement colorées dont ces rayons se composent, l'exemple, disparaisse tout seul, et que le point de croisement paraisse le vert, c'est du blanc moins le rouge.

Les interférences qui, dans le cas d'une lumière homogène, produisent des changements d'intensité se manifestent donc, quand on croise une lumière blanche, par des phénomènes de coloration. A la suite de ces singuliers résultats, on sera peut-être curieux de trouver la valeur numérique de ces différences de route dont j'ai si souvent parlé, et qui plaquent les rayons lumineux dans des conditions d'accord ou de destruction complète. On voit donc que, pour la lumière rouge, on passe de l'un à l'autre d'un état d'accord dès qu'on fait varier la longueur du chemin parcouru par l'un des rayons de trois dix-millièmes de millimètre.

Pour que la différence de chemins détermine seule si deux rayons de même origine et de même teinte s'ajouteront ou se détruiront mutuellement, il est nécessaire qu'ils aient l'un et l'autre parcouru un seul et même chemin, soit liquide ou gazeux. Dès qu'il n'en est plus ainsi, il faut encore que les rayons, comme un membre de cette Académie l'a prouvé par des expé-

raison, tant que les lois des interférences n'étaient pas connues, seulement que rien, jusqu'ici, ne dit si ces lois sont égales lorsque, avant de se mêler, les rayons ont reçu les modifications dont j'ai déjà parlé, et qu'on désigne sous le nom de question était importante; elle a été l'objet d'un travail diligent entrepris avec un de ses amis (Arago). L'exemple qu'ils publiaient, d'indiquer pour quelle part chacun d'eux avait contribué à l'exécution matérielle des diverses expériences, du moins mériterait, je crois, d'être suivi; car les associations de ce genre vont à mal, parce que le public, s'obstinant, quelquefois par ignorance, ne pas traiter les intéressés sur le pied d'une égalité parfaite, joue l'amour-propre d'auteur, celle peut-être de toutes les vanités qui exige le plus de ménagements. Voici les résultats des recherches, car, sans parler des importantes conséquences qu'elles méritent d'être citées, ne fût-ce qu'à raison de leur bizarrerie.

Deux rayons que l'on fait passer directement de l'état de lumière naturelle à l'état de rayons polarisés dans le même sens conservent cette modification, la propriété d'interférer : ils s'ajoutent comme des rayons ordinaires et dans les mêmes circonstances.

Deux rayons qui passent, sans intermédiaire, de l'état de lumière naturelle à l'état de rayons polarisés rectangulairement perdent pour toujours la propriété d'interférer; modifiez ensuite de mille manières les chemins parcourus par ces rayons, la nature et les épaisseurs des milieux qu'ils traversent, ramenez-les, à l'aide de réflexions convenablement combinées, à des positions parallèles, rien de tout cela ne fera qu'ils puissent se réunir.

Mais si deux rayons actuellement polarisés dans deux sens différents et qui dès lors ne sauraient agir l'un sur l'autre, avaient été primitivement polarisés parallèlement, en sortant de l'état naturel, il suffirait de les faire repasser de nouveau à l'état naturel, et ils pourraient de nouveau s'anéantir, de leur faire reprendre, par le même genre de polarisation dont ils avaient été primitivement affectés.

aire; que l'obscurité peut résulter de la superposition de deux lu...
 cette propriété des rayons une fois constatée, n'est-il pas encore
 ordinaire qu'on puisse les en priver, que tel rayon la perde moment
 t, et que tel autre, au contraire, en soit dépouillé à tout jamais
 rie des interférences, considérée sous ce point de vue, semble plut
 des rêveries d'un cerveau malade que la conséquence sévère, inévita
 ériences nombreuses et à l'abri de toute objection. Au reste, ce n'es
 ement à cause de sa singularité que cette théorie devait fixer l'attentio
 cien; Fresnel y a trouvé la clef de tous les beaux phénomènes de co
 qu'engendrent les plaques cristallisées douées de la double réfraction
 analysés dans tous les détails; il en a déterminé les lois les plus cach
 prouvé qu'ils étaient des cas particuliers des interférences; il a ren
 de fond en comble plusieurs romans scientifiques dont ces phénom
 ent été l'occasion, et qui faisaient déjà plus d'un prosélyte, soit à r
 out ce qu'on y remarquait de piquant, soit à cause du mérite disti
 eurs auteurs. Enfin ici, comme dans toute science qui marche ve
 ection, les faits ont paru se compliquer, parce qu'on les examinait de
 et avec une attention plus minutieuse; mais, en même temps, les ca
 devenues plus simples.

POLARISATION.

uoique je sache à quel point on s'expose à lasser l'auditoire le plus l
 ant quand on lui parle longtemps du même objet, je me vois encore rar
 la nature des travaux de Fresnel au phénomène de la double réfrac
 cette fois, au lieu de m'occuper de la manière dont les rayons se p
 en traversant certains cristaux, j'examinerai les modifications perman
 s y reçoivent; je présenterai, en un mot, les principaux traits de la
 e branche de l'optique qui porte le nom de *polarisation de la lumière*

APPENDICE.

ceau ou le rayon extraordinaire. Les faisceaux contenus dans un seul et même plan perpendiculaire. Ce plan est très-important à considérer, car c'est dans ce sens le rayon extraordinaire se dirigera; on lui a donné un nom spécial : il s'appelle la *section principale*.

Ces prémisses posées, je supposerai, pour le cristal d'Islande ait sa section principale dirigée dans le méridien et à quelque distance que ce soit, nous placerons un faisceau lumineux à la même, c'est-à-dire de manière que sa section principale soit dans le méridien. Que résultera-t-il de cette disposition? tout le système? Un faisceau unique vient frapper le cristal; en sort deux faisceaux : chacun de ceux-là subit une double réfraction dans le cristal suivant; dès lors on voit deux faisceaux émergents distincts. Il n'en est rien de même du premier cristal ne se bifurquent pas dans le second; il reste seulement un faisceau ordinaire; le faisceau extraordinaire entier la réfraction extraordinaire. Ainsi, en traversant les rayons lumineux ont changé de nature; ils ont acquis des caractères spécifiques : celui d'éprouver *constamment* la double réfraction versant le cristal d'Islande.

Qu'on veuille bien se rappeler ce que sont des propriétés primitives d'une manière aussi manifeste que celle même de ceux pour qui les sciences sont un sin-

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

tats aussi dissemblables? Une circonstance fort simple et de bien importance au premier aspect : c'est que d'abord la section principale d'un cristal coupait les rayons provenant du premier par leurs côtés nord et sud, et qu'ensuite elle les a coupés dans les côtés est et ouest. Il faut donc que, dans chacun de ces rayons, les côtés nord et sud diffèrent de quelque chose des côtés est et ouest; de plus, les côtés *nord-sud* du rayon ordinaire doivent avoir précisément les mêmes propriétés que les côtés *est-ouest* du rayon extraordinaire; en sorte que, si ce dernier rayon faisait un quart de tour sur lui-même, il serait impossible de le distinguer de l'autre. Les rayons naturels sont si déliés, que des centaines de milliards de ces rayons peuvent passer simultanément par un trou d'aiguille sans se nuire. Nous voilà donc amenés à nous occuper de leurs côtés, à reconnaître à ces côtés les propriétés les plus dissemblables.

Quand, en parlant d'un gros aimant naturel ou artificiel, les physiciens disent qu'il a des *pôles*, ils entendent seulement par là que certains points de son contour se trouvent doués de propriétés particulières qu'on ne trouve pas du tout dans les autres points, ou qui du moins s'y manifestent faiblement. On a donc pu, avec autant de raison, dire la même chose des rayons lumineux ordinaires et extraordinaires provenant du doublement de la lumière dans le cristal d'Islande; on a pu, par opposition aux rayons naturels, où tous les points du contour semblent pareils, les appeler rayons polarisés.

Pour qu'on n'étende pas au delà des bornes légitimes l'analogie d'un rayon polarisé et d'un aimant, il importe toutefois de bien remarquer que, sur

APPENDICE.

Tout ce que je viens de rapporter sur la polaire de Huyghens et Newton le connaissaient déjà avant la fin du dix-septième siècle, et c'est même, en quelque manière, un plus curieux sujet de recherches pour les physiciens; et néanmoins il faut franchir plusieurs années pour trouver, je ne dirai pas des découvertes, mais des travaux destinés à perfectionner cette branche de la science.

L'histoire de toutes les sciences présente des difficultés pareilles; c'est que pour chacune d'elles il arrive un moment où, après de grands efforts, on les suppose généralement acquiescées de leurs progrès. Alors les expérimentateurs se croiraient coupables d'un manque de modestie s'ils osaient porter une main indiscrete sur les questions que les anciens avaient posées : aussi se contentent-ils de combler les lacunes des éléments numériques ou de remplir quelques-unes des questions souvent fort difficile, et qui cependant attire à elle seule l'attention.

En résumé, les expériences d'Huyghens sur la double réfraction modifie les propriétés primordiales de la lumière; que, après l'avoir subie une première fois, les rayons se dédoublent, suivant le côté par lequel un nouveau rayon passe; mais ces modifications se rapportent-elles exclusivement à la réfraction? Toutes les autres propriétés sont-elles devenues différentes?

Ce sont les travaux d'un de nos plus illustres physiciens, enlevé très-jeune aux sciences dont il était l'organe, qui répondent à cette importante question. Malus a découvert que la lumière qui a subi une seule réflexion sur une surface polie, conserve ses propriétés primordiales; mais qu'elle perd ces propriétés lorsqu'elle a subi une double réflexion sur une surface polie.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

ent devenir polarisés; mais bientôt une nouvelle découverte de Malus a
monde savant, à sa très-grande surprise, qu'il existe des méthodes b
moins cachées pour faire naître cette modification. Le plus simple
ène de l'optique, la réflexion sur un miroir diaphane, est un grand m
polarisation. La lumière qui s'est réfléchié à la surface de l'eau sous l'a
7 degrés, à la surface d'un miroir de verre commun sous l'inclinaiso
degrés 25 minutes seulement, est tout aussi complètement polarisée
deux faisceaux ordinaire et extraordinaire sortant d'un cristal d'Islande
xion de la lumière occupait déjà les observateurs du temps de Platon
clide; depuis cette époque, elle a été l'objet de mille expériences, de
ulations théoriques; la loi suivant laquelle elle s'opère sert de base
d nombre d'instruments anciens et modernes. Eh bien, dans cette m
d'esprits éclairés, d'hommes de génie, d'artistes habiles, qui, durant
eux mille trois cents ans, s'étaient occupés de ce phénomène, pers
avait soupçonné autre chose que le moyen de dévier les rayons, d
ir ou de les écarter; personne n'avait imaginé que la lumière réfléchi
pas avoir toutes les propriétés de la lumière incidente, qu'un change
oute pût être la cause d'un changement de nature. Les générations d'o
urs se succèdent ainsi pendant des milliers d'années, touchant chaque
plus belles découvertes sans les faire.

Malus, comme je l'ai déjà expliqué, donna un moyen de polariser la lum
rent de celui qu'Huyghens avait anciennement suivi; mais les pola
s engendrées par les deux méthodes sont identiques; les rayons réflé
eux qui proviennent d'un cristal d'Islande jouissent exactement des m

APPENDICE.

plus beau vert, et ainsi de même pour toutes les couleurs.

Quand la nouvelle espèce de rayons polarisés est réfléchi sur un corps transparent, on aperçoit des phénomènes non moins remarquables.

Concevons, en effet, pour fixer les idées, qu'un rayon lumineux, qui se réfléchit sur un miroir, et qu'il rencontre un miroir réfléchissant, du verre, par exemple, qui est incliné d'environ 35 degrés : ce miroir pourra se trouver dans une position quelconque, l'inclinaison restant constante, être à sa gauche ou à sa droite, ou dans toutes les directions intermédiaires. On se souvient que le rayon primitif est blanc; eh bien, dans aucune des positions du miroir, le rayon réfléchi n'aura cette nuance : il sera tantôt rouge, tantôt vert, tantôt bleu, tantôt indigo, violet, suivant le *côté* par lequel la lumière est réfléchi, et au rayon primitif, et c'est précisément dans ces positions que les couleurs céderont si l'on parcourt graduellement toutes les directions. Les couleurs ne sont pas seulement quatre pôles placés dans le contour du rayon; qu'il faut admettre dans le rayon; on voit qu'il y a un point du contour a un caractère spécial; que ce point est d'une nuance particulière. Cette étrange *dislocation* (qui ne passera ce terme, puisqu'il est exact) donne au rayon une lumière blanche par voie de réflexion. Les couleurs ne sont pas toute l'homogénéité de celles que Newton obtient par la décomposition des objets n'éprouvent aucune déformation, et, dans ces positions, c'est là le point capital.

Pour reconnaître si un rayon a reçu soit la

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

circonstances, le rayon de Fresnel se décompose en deux faisceaux colorés.

On imprime aux rayons polarisés ordinaires cette modification qui, n'étant pas relative à leurs divers côtés, a été désignée *polarisation circulaire*, en leur faisant subir deux réflexions totales sur des faces vitreuses convenables.

Le plaisir d'avoir attaché son nom à un genre de polarisation inaperçu eût probablement suffi à la vanité d'un physicien ; mais ses recherches n'eussent pas été plus loin ; mais Fresnel était conduit à des découvertes plus élevées : à ses yeux rien n'était fait tant qu'il restait à faire ; il chercha donc s'il n'y aurait pas d'autres moyens de produire la polarisation circulaire, et, comme d'habitude, une découverte récompensa le prix de ses efforts. Cette découverte peut être énoncée en disant qu'il découvrit un genre particulier de double réfraction qui communique aux rayons la polarisation circulaire, comme la double réfraction du cristal d'Islam donne la polarisation d'Huyghens. Cette double réfraction spéciale résulte de la nature du cristal, mais bien de certaines coupes, que Fresnel trouva. Les propriétés des rayons polarisés circulairement conduisirent à un confrère à des moyens nouveaux et très-curieux de faire naître la polarisation colorée.

Dans tous les temps et dans tous les pays, on trouve des hommes qui, assez disposés à proclamer la gloire des morts, ne traitent pas de la même manière leurs contemporains avec la même faveur. Dès qu'une découverte est faite, ils la nient ; ensuite ils contestent sa nouveauté, et feignent de l'avoir découverte.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

luissent la vision; ou bien l'astre, en cela semblable à une cloche, e
ement un mouvement ondulatoire dans un milieu éminemment élast
l'espace est rempli, et ces vibrations viennent ébranler notre ré
me les ondulations sonores affectent la membrane du tympan.

De ces deux explications des phénomènes de la lumière, l'une s'app
théorie de l'émission, l'autre est connue sous le nom de *système des o*
trouve déjà des traces de la première dans les écrits d'Empédocle. C
modernes, je pourrais citer parmi ses adhérents Kepler, Newton, Lap
système des ondes ne compte pas des partisans moins illustres : Aris
cartes, Hooke, Huyghens, Euler, l'avaient adopté. De tels noms rendra
choix bien difficile, si, en matière de science, les noms les plus illu
vaient être des autorités déterminantes.

Il reste, si l'on s'étonnait de voir d'aussi grands génies ainsi divisés
is que de leur temps la question en litige ne pouvait être résolue, qu
ériences nécessaires manquaient, qu'alors les divers systèmes sur la
e étaient, non des déductions logiques des faits, mais, si je puis m'ex
ainsi, de simples vérités de sentiment; qu'enfin le don de l'infailli
pas accordé même aux plus habiles, dès que, en sortant du domaine
ervations, et se jetant dans celui des conjectures, ils abandonnent la ma
re et assurée dont les sciences se prévalent de nos jours avec raison
leur a fait faire de si incontestables progrès. Avant de parcourir les la
ches qu'on a faites récemment au système de l'émission, il sera peut-
enable de jeter un coup d'œil sur les vives attaques dont il avait
et sous la plume des Euler, des Franklin, etc. et de montrer que les

APPENDICE.

rante-millième partie de celui du boulet de ca
verserait les murs.

Ces déductions sont certaines; voyons mai
lumineuse, non-seulement ne renverse pas les
un organe aussi délicat que l'œil sans occasio
ne produit aucun effet dynamique sensible; di
destinées à apprécier les impulsions de la lum
pas contentés d'employer un rayon isolé, ils o
mense quantité de lumière qu'on peut condens
tille; ils n'ont pas opposé au choc des rayo
mais bien des corps si délicatement suspendus
déranger énormément : ils ont agi, par exem
très-léger attaché horizontalement à un fil d'an
vement de rotation d'un semblable appareil s
querrait le fil en se tordant. Mais cette force d
car, de sa nature, elle augmente toujours rap
ependant, l'un des observateurs dont j'analy
aucune trace après avoir eu la patience de fai
14,000 fois.

Il est donc bien constaté que, malgré leur
rayons lumineux agissant simultanément ne
ciable; mais on a été au delà des conséquen
sante expérience autorise, quand on en a cor
pas d'éléments matériels doués d'un vif mou
bien déduire de l'absence de toute rotation

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

s et avec une excessive vitesse, il finira par s'épuiser; et puisque siècles se sont écoulés depuis les temps historiques, la diminution de e déjà sensible.» Mais n'est-il pas évident que cette diminution est h osseur des particules lumineuses? Or rien n'empêche de leur supp ls diamètres que, après des millions d'années d'une émission continu me du soleil en soit à peine altéré. Aucune observation exacte ne pr eurs que cet astre ne s'épuise pas, que son diamètre est aussi grand l'hui qu'au siècle d'Hipparque.

ersonne n'ignore que des milliards de rayons peuvent pénétrer simult dans une chambre obscure par le plus petit trou d'épingle, et y for mages très-nettes de tous les objets extérieurs. En se croisant dans e espace, les éléments matériels dont on suppose cette multitude de ra és sembleraient cependant devoir s'entre-choquer avec une grande in té, changer de direction de mille manières, et se mêler sans aucun o e difficulté est sans doute très-spécieuse, mais elle ne semble pas in table.

a chance que des molécules partant de deux points différents, et pa un même trou, se rencontreront, dépend à la fois du diamètre absol molécules et des intervalles qui les séparent. On pourrait donc, en é at convenablement les diamètres, rendre les chances de choc pre es; mais nous avons ici, dans l'intervalle des molécules, un autre élé seul conduirait largement au but. En effet, toute sensation lumin un certain temps; l'objet incandescent qui a lancé des rayons dans oit encore, l'expérience l'a prouvé, au moins un centième de sec

APPENDICE.

Le système de l'émission a maintenant très-peu de chance de passer sous les coups d'Euler qu'il a succombé. Des observations ont été puisées dans des phénomènes variés dont on ne doute pas l'existence. Ce grand progrès de la science nous est parvenu nos jours : il est dû en partie aux travaux de Fresnel. Je ne m'obligerai pas à le signaler ici en détail, lors même que je ne m'en ferai pas aussi un devoir.

Si la lumière est une onde, les rayons de différentes couleurs se propagent en cela aux divers sons employés dans la musique. Les vibrations sont inégalement rapides, et les rayons rouges, violets, se mettront à travers les espaces éthérés, comme les sons se propagent dans l'air, avec des vitesses exactement égales.

Si la lumière est une émanation, les rayons de différentes couleurs sont formés de molécules nécessairement différentes quant à leur masse, et qui, de plus, pourront être douées de propriétés différentes.

Une inspection attentive des bords des ombres projetées par Jupiter dans leur passage sur le disque lumineux du soleil, encore, l'observation des étoiles changeantes, on voit que les couleurs se meuvent également vite. Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse du système des ondes.

Dans l'un et dans l'autre des deux systèmes sur lesquels on a fondé le système d'un rayon détermine la réfraction qu'il doit éprouver en traversant obliquement la surface d'un corps diaphane. Si on suppose que la réfraction deviendra plus petite, et, réciproquement,

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

d'un chanteur, de la corde d'acier d'un clavecin, de la corde à boyau
on, de la surface vitreuse d'un harmonica, ou des parois métalliques
me tuyau d'orgue. Or il n'y a aucune raison pour que les notes lu
es (on me passera, j'espère, cette expression) se comportent autrem
s l'éther. Dans l'hypothèse de l'émission, l'explication n'est pas aussi sim
a lumière se compose d'éléments matériels, elle se trouvera soumise à
ion universelle; à peine se sera-t-elle élancée d'un corps incandesc
l'action de ce corps tendra à l'y ramener. Une diminution graduelle d
se originaire est donc indubitable; il fallait seulement rechercher s
rvations pourraient la faire découvrir. C'était là une simple questio
al. Or, en faisant sur la constitution physique de quelques étoiles, c'es
à l'égard de leur volume et de leur densité, des suppositions qu
blent avoir rien d'outré, on trouve qu'elles pourraient, par leur
active, anéantir totalement la vitesse d'émission des molécules lumine
près être parvenues à une distance donnée, ces molécules, qui jusque-
ient éloignées du corps, y retourneraient par un mouvement rétrogr
i, certains astres pourraient être aussi resplendissants que le soleil ju
stance de 40 millions de lieues, par exemple, et paraître ensuite su
t tout à fait obscurs, 40 millions de lieues étant tout juste la limite qu
de leurs rayons ne saurait dépasser. Changez beaucoup les volumes c
ités qui fournissent ces résultats; prenez pour les étoiles de pren
deur de telles dimensions qu'aucun astronome ne refuserait de les
rer comme probables, elles ne présenteront plus alors d'aussi étra
nomènes : elles ne seront plus éblouissantes ici et complètement obs

APPENDICE.

primitive est diminuée. Or personne n'ignore que la vitesse de la terre est comparable à celle de la lumière dans une partie. Observer d'abord une étoile vers laquelle la terre se dirige, c'est avoir opéré sur des rayons qui se trouvent entre elles d'un cinq-millième. De tels rayons sont réfractés. La théorie de l'émission fournit les moyens de calculer combien l'inégalité s'élèvera, et l'on peut voir aisément que les petites erreurs des observations. Eh bien, l'expérience a complètement démenti le calcul : les rayons émanant de quelque région qu'elles soient situées, éprouvent la même réfraction.

Le désaccord entre la théorie et l'expérience est évident, et dès ce moment le système de l'émission est démenti, et comble; on est cependant parvenu à ajourner la décision par une supposition dont je pourrai rendre compte en montrant qu'il n'est pas admettre que les corps incandescents lancent des rayons avec des vitesses, mais qu'une vitesse spéciale et déterminée est commune à toutes les vitesses de la lumière. Si un dix-millième d'augmentation de leur vitesse enlève aux rayons leurs propriétés lumineuses, la déviation observée est la conséquence nécessaire de la multitude des molécules qui viendront le frapper. Si la terre se dirige vers l'étoile ou qu'il marche à sa rencontre, apercevra-t-elle plus de ces molécules dont la vitesse relative sera la même? On ne saurait en disconvenir, enlèverait au sys-

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

qu'ils produisent journellement. Suivant eux, la lumière sera réactif, qui, en s'ajoutant aux principes constituants du composé, elle agit, en modifierait quelquefois les propriétés primitives. Quant la matière lumineuse déterminerait seulement par son action d'un ou de plusieurs éléments des corps qu'elle irait frapper.

Ces explications, quoique basées sur des analogies spécieuses, ne peuvent pas pouvoir être admises depuis qu'il est constaté que, en fait, les rayons lumineux perdent aussi des propriétés chimiques dont ils sont dépourvus. Comment concevoir en effet que la matière de deux rayons puisse se combiner avec une substance donnée, si chaque rayon va la frapper isolément ? Une combinaison, au contraire, n'ait lieu quand ces mêmes rayons agissent simultanément, après avoir parcouru, car cette condition est tout à fait différente, routes différant les unes des autres de quantités comprises dans une série régulière de nombres ?

En géométrie, pour démontrer l'inexactitude d'une proposition dans toutes ses conséquences, jusqu'à ce qu'il en ressorte un résultat manifestement absurde. Ne faut-il pas ranger dans cette catégorie une hypothèse qui naîtrait ou disparaîtrait suivant la longueur du chemin qu'elle parcourrait ?

Les phénomènes naturels se présentent ordinairement à nous sous des formes très-complicées, et le véritable mérite de l'expérimentateur est à les dégager d'une multitude de circonstances accessoires qui les voilent, et à en saisir les lois.

Si, par exemple, on n'avait observé les ombres des corps

toute spéciale : il crut y voir des preuves manifestes d'une action répulsive très-intense, qu'exerceraient les corps sur leur voisinage. Cette action, en la supposant due à une force, méritait donc, par cette seule raison, de fixer l'attention des physiciens.

Plusieurs en effet l'étudièrent, mais par des méthodes différentes. Enfin on donna à ce genre d'observations un caractère plus positif, en montrant qu'il n'est pas nécessaire pour voir les bandes se former sur un écran, comme Newton et tous les autres l'ont fait, d'être jusque-là, qu'elles se forment nettement dans le vide, à suivre avec toutes les ressources qui résultent de la physique moderne armée d'un fort grossissement.

D'après les expériences précises faites par les physiciens, les méthodes d'observation, si l'on voulait attribuer la formation des bandes à des forces attractives et répulsives agissant sur les rayons, il faudrait admettre que ces actions sont totales, c'est-à-dire qu'elles agissent sur toute la surface et de la densité des corps, car un fil d'araignée et une bande parfaitement semblables; les masses des corps sont les mêmes, puisque le dos et le tranchant d'un rasoir se comportent de la même manière. On se trouverait enfin amené inévitablement à admettre que les rayons agissent sur les rayons voisins de sa surface avec une force qui diminue avec les rayons viennent de plus loin; car si, en mettant les rayons à une grande distance, la déviation angulaire est la même, on fait à la fois, dans les circonstances particulières, à

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

is peu d'années, ont cependant conduit à une règle très-simple, toute espèce de milieux diaphanes, lie les angles de la première et de surface, sous lesquels les réflexions sont égales.

ans le système de l'émission, ces deux angles n'ont aucune dépendance; le contraire a lieu si les rayons lumineux sont des ondes, ion que, en partant de cette hypothèse, un de nos illustres confrères de sa savante analyse est précisément celle que l'expérience avait fouel accord entre le calcul et l'observation doit prendre place aujourd'hui les plus forts arguments qu'on puisse produire à l'appui du systèmeations.

es interférences des rayons ont occupé une trop grande place dansaphie pour que je puisse me dispenser d'indiquer comment elles sent aux deux théories de la lumière; or, dans la théorie de l'émission site pas à le dire, si l'on n'admet aucune dépendance entre les mouvements diverses molécules lumineuses (et j'ignore quelle dépendance on peutoir établir entre des projectiles isolés), le fait et surtout les lois des interférences semblent complètement inexplicables. J'ajouterai encore qu'aucunisans du système de l'émission n'a tenté, dans un écrit public, de surmonter cette difficulté, sans que j'en veuille conclure qu'elle a été dédaignée.

uant au système des ondes, les interférences s'en déduisent si naturellement, qu'il y a quelque raison d'être étonné que les expérimentateurs les aient négligées les premiers. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que la lumière, en se propageant à travers un fluide élastique, communique aux molécules dont il se compose un mouvement oscillatoire en vertu duquel elle

APPENDICE.

dans leurs attaques. Les expériences si nombreuses que j'ai citées ne témoignent pas seulement tout ce qu'il leur semblait avoir; il faut les considérer encore avec le respect envers le grand homme dont le nom s'associe avec la théorie qu'ils pensaient devoir rejeter. Qu'on dise que les newtoniens ne lui ont pas fait l'honneur de le discuter, leur a semblé qu'une seule objection suffirait pour le détruire; ils l'ont puisée dans la manière dont le son se propage, disent-ils, est une vibration, comme les vibrations lumineuses dans toutes les directions; de même qu'on entend le son à une distance éloignée quand on en est séparé par un écran qui empêche la lumière; on devra apercevoir la lumière solaire derrière tout obstacle. Tels sont les termes auxquels il faut réduire la difficulté; cela ne permettrait pas de dire que la lumière doit se propager sans perdre de son intensité, puisque le son lui-même, comme on le sait, n'y pénètre qu'en s'affaiblissant d'une manière continue; ainsi de l'impossibilité du passage de la lumière à travers d'un corps comme d'une difficulté insurmontable. Les philosophes soupçonnaient certainement pas la réponse que je donne; elle est cependant directe et simple. Vous soutenez que la lumière doit pénétrer dans l'ombre : eh bien, elles y pénètrent; dans le système des ondes, l'ombre d'un corps opaque n'est que partiellement obscure : eh bien, elle ne l'est jamais; elle est toujours brillante; ceux qui y donnent lieu à une multitude de couleurs.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

iquée, dans le système des vibrations, la propagation rectiligne de la lumière.

Quand l'onde primitive n'est pas entière, quand elle se trouve brisée ou interceptée par la présence d'un corps opaque, le résultat des interférences, dans ce cas encore elles jouent un grand rôle, n'est pas aussi simple; les rayons, partant obliquement de toutes les parties de l'onde non interceptées, s'entre-détruisent plus nécessairement. Là ils conspirent avec le rayon normal à produire un vif éclat; ailleurs, ces mêmes rayons se détruisent mutuellement, et toute lumière a disparu. Dès qu'une onde est brisée, sa propagation se fait donc suivant des lois spéciales; la lumière qu'elle répand sur un plan quelconque n'est plus uniforme, elle doit se composer de stries lumineuses et obscures régulièrement placées. Si le corps opaque intercepteur est très-large, les ondes obliques qui viennent se croiser dans son ombre produisent lieu aussi, par leurs actions réciproques, à des stries analogues régulièrement distribuées.

Je n'aperçois que, sans le vouloir, en suivant les spéculations théoriques de Fresnel, je viens de mentionner les principaux traits de ces curieux phénomènes de diffraction que j'ai déjà cités sous un autre point de vue, auxquels Newton a consacré un livre tout entier de son *Traité d'optique*. Newton ne pouvait en rendre compte, tant ils lui semblaient difficiles à expliquer, en admettant qu'un rayon lumineux ne saurait passer dans le voisinage d'un corps sans y éprouver un mouvement sinueux, qu'il comparait à celui d'une bille. D'après les explications de Fresnel, cette étrange supposition est inutile; le corps opaque, qui semblait la cause première des stries diffractées,

APPENDICE.

affirmer que, à l'égard de la diffraction, ils n'ont rien découvertes dont Fresnel a enrichi la science.

Les théories ne sont en général que des manières d'enchaîner un certain nombre de faits *déjà connus* à des conséquences *nouvelles* qu'on en fait ressortir sans qu'elles prennent une tout autre importance. Ce genre de travail appartient à Fresnel. Ses formules de diffraction renfermaient une idée fort étrange qu'il n'avait pas aperçu. Un de nos contemporains a osé décliner son nom, si je dis qu'il s'est placé au-dessus de tous les plus grands géomètres de ce siècle, tant par une méthode d'analyse pure que par les plus heureuses applications à la physique, aperçut d'un coup d'œil la conséquence que, en admettant les formules de Fresnel, un écran opaque et circulaire devait être aussi éclairé. Cette conséquence si paradoxale a été soumise à l'expérience directe, et l'observation a parfaitement confirmé la théorie.

Dans la longue et difficile discussion que la science a faite naître, et dont je viens de tracer l'histoire, la tâche de Fresnel est presque épuisée. Quant à celle des géomètres, elle est encore pleine de quelques lacunes. J'oserais donc, si j'en avais le loisir, me mettre à l'œuvre. Le géomètre à qui l'optique est redevable de l'importance qu'elle a prise, ne fait mention d'essayer si les formules à moitié empiriques de Fresnel ont prétendu exprimer les intensités de la lumière pour toutes sortes d'angles et pour toute espèce de surfaces.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESN

infinie d'êtres animés et de matières inertes dont il est entouré, la plus belle partie de sa destinée.

Et d'ailleurs, lors même qu'on ne voudrait voir dans les sciences les moyens de faciliter la reproduction des substances alimentaires, de plus ou moins d'économie et de perfection les diverses étoffes dont nous vêtir, de construire avec élégance et solidité ces habitations dans lesquelles nous échappons aux vicissitudes atmosphériques, aux entrailles de la terre tant de métaux et de matières combustibles, les arts ne sauraient se passer, d'anéantir cent obstacles matériels qui entravent les communications des habitants d'un même continent, d'un royaume, d'une même ville; d'extraire et de préparer les médicaments destinés à combattre les nombreux désordres dont nos organes sont menacés, la question *à quoi bon?* porterait à faux. Les phénomènes ont entre eux des liaisons nombreuses, mais souvent cachées. Le dix-neuvième siècle lègue la découverte aux siècles à venir. Au moment où les sciences révèlent, des applications importantes surgissent, comme par magie, d'expériences qui jusque-là semblaient devoir éternellement rester dans le domaine des simples spéculations. Un fait qu'aucune utilité n'a encore recommandé à l'attention du public est peut-être l'échelon par lequel l'homme de génie s'appuiera, soit pour s'élever à ces vérités profondes qui changent la face des sciences, soit pour créer quelque moteur étonnant dont toutes les industries adopteront ensuite, et dont le moindre effet ne sera pas de soustraire des millions d'ouvriers aux pénibles travaux de la terre, de les livrer à des brutes, ruinaient promptement leur santé et les

APPENDICE.

a pour uniques témoins de sa marche les astres et la vue de la côte la plus aride, la plus escarpée, la plus désolée, comme par enchantement ces craintes indéfinissables qu'il avait inspirées; tandis que, pour le navigateur expérimenté, ce sont seulement que commencent les dangers.

Il est des ports dans lesquels un navigateur peut se réfugier; il en existe où, même avec ce secours, on ne peut aller de nuit. On concevra donc aisément combien il est important d'éviter d'irréparables accidents, qu'après le coucher du soleil bien visibles avertissent, dans toutes les directions, la terre; il faut de plus que chaque navire aperçoive les feux qu'il puisse trouver, dans des évolutions souvent fort rapides, se maintenir à quelque distance du rivage jusqu'au port. Il n'est pas moins désirable que les divers feux qu'on aperçoit étendue des côtes ne puissent pas être confondus, et que ces signaux hospitaliers, le navigateur qu'un ciel peu éclairé quelques jours de tout moyen assuré de diriger sa route en revenant d'Amérique, s'il doit se préparer à pénétrer dans la Loire ou dans le port de Brest.

A cause de la rondeur de la terre, la portée d'un feu de navire. A cet égard, on a toujours obtenu sans difficulté les besoins de la navigation exigeaient : c'était une si grande nécessité. Tout le monde sait, par exemple, que le grand édifice de Sostrate de Cnide décora, près de trois siècles

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

rique, les conservatoires industriels offraient de temps à autre public les moyens d'éclairage si ternes, si malpropres, si nauséabonds qu'employait il y a cinquante ans, à côté de ces lampes élégantes et vivaces, vive et pure le dispute à celle d'un beau jour d'été.

Quatre ou cinq lampes à double courant d'air réunies donnaient, sans aucun doute, autant de clarté que les larges feux qu'entretenaient à si grands frais, sur les tours élevées d'Alexandrie, de Pouzzole, de Bonifacio, mais, en combinant ces lampes avec des miroirs réfléchissant la lumière naturelle, les miroirs naturels peuvent être prodigieusement agrandis. Les principes de cette nouvelle invention doivent nous arrêter un instant, car ils nous font mieux connaître les travaux de Fresnel à leur juste valeur.

La lumière des corps enflammés se répand uniformément dans toutes les directions. Une portion tombe vers le sol, où elle se perd; une portion se réfléchit; une portion s'élève et se dissipe dans l'espace; le navigateur dont vous voyez la route profite des seuls rayons qui se sont élancés à peu près horizontaux de la lampe vers la mer; tous les rayons, même horizontaux, qui tombent sur la terre ont été produits en pure perte.

Cette zone de rayons horizontaux forme non-seulement une petite partie de la lumière totale; elle a de plus le grave inconvénient d'être perdue beaucoup par divergence, de ne porter au loin qu'une lueur à peine perceptible. Détruire cet éparpillement fâcheux, profiter de toute la lumière produite, tel était le double problème qu'on avait à résoudre pour étendre l'utilité des phares. Les miroirs métalliques profonds connus sous le nom de *miroirs paraboliques* en ont fourni une solution satisfaisante.

APPENDICE.

de lumière réfléchi n'a plus que la largeur du miroir, et par conséquent les mêmes dimensions à toute distance. On peut donc multiplier beaucoup de miroirs pareils diversement orientés, et couvrir ainsi de nombreux et larges espaces complètement obscurs, sans qu'il y ait aucun signal. On a vaincu cette grave difficulté en combinant le mécanisme d'horlogerie, un mouvement uniforme avec un mouvement fléchissant. Le faisceau lumineux sortant de ce mécanisme est dirigé vers tous les points de l'horizon; chaque fois qu'il se voit ensuite disparaître la lumière du phare; et si, par exemple, la côte, de Bayonne à Brest, par exemple, il n'existe pas de station de même durée, tous les signaux sont, pour un observateur. D'après l'intervalle qui s'écoule entre deux apparitions successives de la lumière, le navigateur sait toujours quel point il ne se trouve plus exposé à prendre pour un phare. Les feux de première grandeur voisine de son lever ou de son coucher, les feux accidentels allumés sur la côte par des pêcheurs ou des charbonniers; méprises fatales, qui souvent ont été la cause de naufrages ^(a).

Une lentille diaphane ramène au parallélisme tous les rayons qui la traversent, quel que soit leur degré primitif de courbure. Ces rayons partent d'un point convenablement situé, et les lentilles de verre peuvent donc être substituées aux miroirs. Le phare lenticulaire avait été exécuté depuis longtemps, mais l'idée, au premier aspect très-plausible, qu'il serait

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

En s'occupant du même problème, Fresnel, avec sa pénétration, aperçut du premier coup d'œil où gisait la difficulté. Il vit que les lentilles ne deviendraient supérieurs aux phares à réflecteurs qu'en diminuant tant considérablement l'intensité de la flamme éclairante, qu'il faudrait des lentilles d'énormes dimensions, qui semblaient dépasser tout ce qu'on pouvait attendre d'une fabrication ordinaire. Il reconnut encore que pour avoir des lentilles vraies, elles auraient un très-court foyer; qu'en les exécutant suivant les méthodes ordinaires, elles auraient une grande épaisseur et peu de diaphanéité. Leur poids serait considérable, qu'il fatiguerait beaucoup les roues, et qu'il faudrait faire tourner tout le système, et qu'il en amènerait promptement la décomposition.

On évite cette épaisseur excessive des lentilles ordinaires, le défaut de diaphanéité qui en seraient les conséquences, en remplaçant par des lentilles d'une forme particulière, que Buffon avait imaginées, un tout autre objet, et qu'il appelait des *lentilles à échelons*. Il est aujourd'hui de construire les plus grandes lentilles de cette espèce. On ne sache pas encore fabriquer d'épaisses masses de verre exemptes de défauts. Il suffit de les composer d'un certain nombre de petites pièces de verre. Condorcet l'avait proposé.

Je pourrais affirmer ici que, au moment où l'idée des lentilles à échelons se présenta à l'esprit de Fresnel, il n'avait jamais eu connaissance des travaux antérieurs de Buffon et de Condorcet; mais des réclamations ne m'intéressent que l'amour-propre de l'auteur : elles n'ont point de poids au public. A ses yeux, il n'y a, je dirai plus, il ne doit y avoir

APPENDICE.

expériences nombreuses et assez délicates. Fresnel s'y livrèrent avec ardeur, et leur commun travail produisit plusieurs mèches concentriques, dont l'éclat égalait les meilleures lampes à double courant d'air ^(a).

Dans les phares à lentilles de verre imaginés par Fresnel, l'éclairage est envoyé successivement vers tous les points de l'horizon. On a passé de la petite lente à celle de 3,000 à 4,000 lampes à double courant, et on a obtenu huit fois ce que produisent les beaux réflecteurs à gaz en usage chez nos voisins; c'est aussi l'éclat qu'on obtient avec un tiers de la quantité totale des lampes à gaz qui sont en usage dans les magasins et les théâtres de Paris. Un tel résultat est d'une importance si l'on veut bien remarquer que c'est avec une seule lampe qu'on l'obtient. En voyant d'aussi puissants effets, l'administration a engagé Fresnel à faire construire un de ses appareils à la station de Cordouan, à l'embouchure de la Gironde, et il a été installé. Le nouveau phare était déjà construit d'avance.

Le phare de Fresnel a déjà eu pour juges, durs et sévères, cette multitude de marins de tous les pays qui font voile à la Rochelle et à Cognac. Il a été aussi étudié soigneusement sur place par des ingénieurs, venus tout exprès du nord de l'Écosse avec le gouvernement anglais. Je serai ici l'interprète des éloges que la France, où déjà l'importante invention a pris naissance, possède maintenant, grâce aux travaux de son frère, les plus beaux phares de l'univers. Il est tou-

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

Il existe déjà aujourd'hui, sur l'Océan et la Méditerranée, de
ou moins puissants, construits d'après les principes de Fresnel.
le système général d'éclairage de nos côtes, trente nouveaux p
encore nécessaires. Tout fait espérer que ces importants trav
cutés promptement, et qu'on s'écartera le moins possible de l
tion imprimée à ce service par notre confrère. La routine et
raient ici sans pouvoir, puisque les intéressés, les véritables ju
de toutes les nations, ont unanimement proclamé la supérior
système. On ne saurait alléguer des motifs d'économie; car, à
les phares lenticulaires n'exigent pas autant d'huile que les an
entretien beaucoup moins dispendieux, et ils procureront en d
une économie annuelle d'environ un demi-million ^(a)

VIE ET CARACTÈRE DE FRESNEL. — SA MORT.

Les nombreuses découvertes dont je viens de présenter l
faites dans le court intervalle de 1815 à 1826, sans que les
à Fresnel, soit comme ingénieur du pavé de Paris, soit comm
la Commission des phares, en aient jamais souffert; mais auss

parallèle à son côté rectiligne. — Cette combinaison physico-géométrique
ne constituait pas sans doute une nouvelle invention proprement dite;
présentait de graves difficultés, qui ont été, comme toujours, heureus
par Fresnel. (Voyez t. III, N° XVI et N° XVII.)

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL.

Legendre répandaient sur le Bureau des longitudes et sur l'Académie, et pouvoir se concilier avec les éminents services que, à d'autres titres, ces géomètres rendaient à l'École polytechnique. Dans les cours publics, les élèves demandaient à leurs professeurs d'être zélés, lucides, méthodiques ; on ne leur conseillait pas encore de s'enquérir si d'autres auditeurs, à un établissement différent, avaient déjà reçu des leçons de la même bonté. Les sciences enfin ne paraissaient pas un vain luxe, et l'on pensait que Pascal inventant la machine à vapeur, que Pascal signalant la presse hydraulique, que Lebon imaginant l'éclairage au gaz, que Berthollet créant le blanchiment par le chlore, que Leblanc enseignant à tirer du sel marin la soude, qu'anciennement il fallait aller demander à l'étranger, au prix de tant de trésors, avec un paiement payé à la société la dette de la science.

Si l'on devait en croire quelques personnes dont il me semblerait plus difficile de deviner les intentions que les lumières, je viendrais d'énumérer une longue liste de préjugés, et j'aurais ici à excuser l'auteur de tant de belles découvertes, le créateur d'un nouveau système de phares, le savant dont les travaux méritent d'être béniront éternellement le nom, d'avoir désiré (je ne reculerais pas devant l'expression usitée), par le *cumul* de deux places, se procurer un revenu annuel et viager de 12,000 francs, dont la plus grande partie eût été volontiers consacrée à de nouvelles recherches. L'apologie de notre confrère ne crois pas me faire illusion, serait une tâche facile ; mais je puis l'ombrager en disant que Fresnel n'obtint point l'emploi qu'il sollicitait, et cela par des motifs que je ne veux pas volontiers dans l'oubli, s'ils ne me donnaient l'occasion de mentionner les gens de lettres, dont récemment on a essayé de flétrir le caractère.

APPENDICE.

de qui la place dépendait s'était, dans sa jeunesse, distingué par ses connaissances en sciences d'une manière distinguée, et il en avait fait honneur à son pays. Voir notre confrère, et dès ce moment sa nomination à la place de ministre des finances, les manières réservées de Fresnel, la douceur de son caractère, l'appât de son langage, lui conciliaient sur-le-champ l'estime de tous, même ceux-là même qui ne connaissaient pas ses travaux. Ses connaissances en sciences civiles, à combien de mécomptes n'est-ce pas dû? — Juger de ce qui sera par ce qui devrait être! Ce n'est pas à des questions d'intérêts mesquins, d'éléments hétérogènes, à des questions d'affaires les plus simples, et prévaloir sur des questions de haute importance. En part, je ne saurais dire à quelle occasion le ministre de la marine, le roi de la Drôme, posa la question suivante, et de la réponse qu'il ferait dépendait sa nomination à la place de ministre des finances? — Si j'ai bien compris, vous voudrez dire qu'il n'existe personne qui soit plus dévoué à nos rois et aux sages institutions dont la France est jalouse. — Tout cela, Monsieur, est trop vague; nous ne pouvons nous en faire des noms propres. A côté de quels membres du conseil voudriez-vous vous si vous deveniez député? — Monseigneur, à la place de Camille Jordan^(a), si j'en étais capable. — « franchise, » répliqua le ministre. Et le lendemain, le ministre fut nommé examinateur de la marine. Fresnel reçut cet échec. Dans son esprit, la question personnelle s'était posée, et il se sentait la peine qu'il éprouvait, en voyant, après trente ans de services, les passions politiques encore si peu éteintes.

ÉLOGE HISTORIQUE D'AUGUSTIN FRESNEL

souffert de ces influences politiques. Là l'examineur et le professeur journallement payer de leur personne; là, sous les yeux de d'auditeurs habiles, et quelque peu enclins à la malice, des épreuves de faux calculs, de mauvaises expériences de chimie et de physique, n'auraient vainement un refuge sous le manteau des opinions dominantes; mais, pouvait donc espérer que, malgré sa récente profession de foi, il n'aurait pas la place d'examineur temporaire. Cette place d'ailleurs, si pénible, et, l'expérience l'a suffisamment montré, ce serait surtout qu'on poursuit avec ardeur. Fresnel reprit donc ses fonctions; mais, à la suite des examens de 1824, une attaque de goutte le condamner à la retraite et vivement alarmer ses amis. A présent, notre malheureux confrère fut obligé d'abandonner ses travaux scientifiques qui demandait de l'assiduité, et de consacrer au service le peu de moments de relâche que sa maladie lui laissait. Les soins tendres, les plus empressés, devinrent bientôt impuissants contre le progrès du mal. On résolut alors d'essayer les effets de l'air de montagne. Ce projet de déplacement était, hélas! un indice trop évident de la maladie qu'éprouvait le médecin habile auquel Fresnel avait donné son avis. Cependant, pour ne point affliger sa famille, notre malheureux confrère, par une condescendance de paraître espérer encore, et, au commencement de l'été, on le transporta à Ville-d'Avray. Là il vit approcher la mort, et la résignation d'un homme dont toute la conduite a été une lutte. Un jeune ingénieur très-distingué, M. Duleau, trouva dans la connaissance qu'il avait de l'université à notre confrère la force de s'associer aux tristes souvenirs.

ment accordé, de l'estime de l'illustre Société. tournées vers sa fin prochaine, tout l'y ramena. «dit-il d'une voix éteinte, d'avoir accepté cette «elle a dû vous coûter; car vous avez ressenti, n «couronne est peu de chose quand il faut la «ami?»

Hélas! ces douloureux pressentiments ne tardèrent pas. Les jours encore s'étaient à peine écoulés, et la patrie perdit deux citoyens; l'Académie, l'un de ses membres les plus savants, un homme de génie.

En apprenant la mort prématurée de Côtes, ses premiers travaux faisaient concevoir de grandes espérances. Ses mots si simples, si expressifs, que l'histoire des sciences «eût vécu, nous saurions quelque chose.» Dans un court éloge pouvait se passer de commentaire; il ne fallait de tels arrêts; on l'en croira toujours sur parole. Sans être dépourvu de toute autorité, j'ai dû me traîner par de nombreux détails, car j'avais, non à dire, mais à prouver une chose, quoique *Fresnel ait peu vécu.*

TABLES ANALYTIQUES

DES

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL^(a)

TABLE ANALYTIQUE

DU TOME I.

ertissement.....
roduction par ÉMILE VERDET.....

THÉORIE DE LA LUMIÈRE.

PREMIÈRE SECTION.

DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À FRANÇOIS ARAGO (α).

Mathieu (près Caen), le 23 septembre 1815.

* (α) [*Note de Henri de Senarmont* sur les débuts scientifiques d'Augustin

II. 9-12. Expériences sur la production des *franges* colorées.

- observées d'abord avec un *verre dépoli* et ensuite avec une *loupe*. — Elles paraissaient provenir des *bords mêmes de l'écran* ou de la *petite ouverture* et étaient d'abord prises sur un *carton blanc*, à distance d'écartement.
13. Tableau de l'écartement des *franges* et des angles.
14. *Trajectoires curvilignes* des *franges*.
15. L'interception de la lumière sur un des côtés fait disparaître les *franges intérieures*. — Les concours des rayons arrivant des deux côtés.
16. Conclusion contraire à la théorie de l'émission de la lumière. — Les *vibrations* de deux ordres sous un très-petit angle peuvent se contredire. — Les unes répondent aux *ventres* des autres et les *franges intérieures* s'expliquent par le croisement des rayons lumineux et des *bords du fil*, et les *franges extérieures* par le croisement des rayons lumineux et des *bords du fil*, et les *franges* intérieures par le croisement des rayons infléchis de chaque côté.

* (α) (β) [*Deux notes d'Émile Verdet* sur l'inexactitude des aperçus théoriques d'Augustin Fresnel.]

Formule pour le calcul de la distance de la première ombre au bord de l'ombre géométrique, en fonction de la longueur d'ondulation.

Formule appliquée aux résultats d'observation.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
GRAPHES.

- 7-28. *Représentation graphique* de la formation des franges *extérieures*
des franges *intérieures* par le croisement des ondes lumineuses,
discussion.....
- 9-30. *Formule* pour le calcul de la distance d'une frange à l'autre, et *table*
de vérifications expérimentales.....
- 1-37. Observations sur les conséquences qui ressortent de la théorie et d
faits ci-dessus exposés.....
- 3-41. Explication, dans le système des ondes, de la *réflexion*, des *images*
réfléchies par les surfaces rayées, et de la *réfraction*.....
- 1-44. De cette théorie l'auteur tire une conséquence absolument contraire
celle de Newton sur la vitesse relative de la lumière dans le ver
et dans l'air. — Égalité de vitesse et d'ondulation des rayons
même espèce dans les mêmes milieux sous toutes les incidences
5. La théorie des ondulations ne conduira-t-elle pas à l'explication
la *polarisation*?.....
6. Vérification de la loi de la diffraction sur l'ombre d'un fil éclairé p
une étoile.....

I (A).

A. FRESNEL À ARAGO.

Mathieu, le 26 octobre 1815.

Résumé de la théorie exposée dans le précédent Mémoire, sur lequ
l'auteur désire vivement connaître l'opinion d'Arago

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

IV. COMPLÉMENT AU MÉMOIRE SUR LA

adressé au secrétaire de la première Classe de l'Institut

- 1-6. Considérations géométriques sur la production
de l'interposition de la *lentille* employée p
- 7-15. Explication de la coloration des *images réfléchies*
et transmises par un tissu très-fin. — Formes
rimentales.
- 16-20. Explication des *anneaux colorés* vus par réflexion
(¹) [*Note de l'auteur* sur un appareil propre à multiplier
anneaux.]
- 21-24. Formule pour les *incidences obliques*, et vérification
25. Probabilités en faveur d'une théorie qui explique les
mènes dont on ne peut se rendre raison par les principes de
Newton, qu'en faisant presque autant d'hypothèses.
- 26. L'analogie donne tout lieu de croire que la lumière est
uniquement dues aux *vibrations du calorique*.

V (A).

A. FRESNEL À ARAGO

Mathieu, le 12 novembre 181

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- V (B). Développements à ce sujet et sur l'emploi de la *loupe*
 Observations sur la rédaction trop négligée des deux
 N° II et N° IV.
P. S. Franges produites par la lumière d'une simple *chand*

V (C). A. FRESNEL À ARAGO.

Rennes, le 3 décembre 1815.

Rectification de l'explication donnée au N° IV pour prou
franges produites par des rayons ayant traversé sans in
 très-petit trou ne doivent pas différer sensiblement d
 avec celles qui proviennent des *rayons réfléchis*. — Con
 géométriques
Questions diverses. — Les rayons sont-ils infléchis à de
 finies des bords du trou? — Comment les rayons change
demi-ondulation par l'effet de l'inflexion? — *Mesures*
 l'aide desquelles les phénomènes lumineux pourraient être
 aux *lois générales du mouvement*, etc.

VI.

* NOTE D'ARAGO SUR UN PHÉNOMÈNE REMARQUABLE
 QUI S'OBSERVE DANS LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

VII. * RAPPORT D'ARAGO SUR LE MÉMOIRE D'AUGUSTIN FRÉCHET RELATIF À LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

Rapport fait à la première Classe de l'Institut,
Résumé et conclusions.

VIII. DEUXIÈME MÉMOIRE SUR LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

déposé à l'Institut le 23 octobre 1818

* (x) [*Note de H. de Senarmont sur cette seconde partie*
du Mémoire N° II.]

- 1-3. Production des *franges colorées*. — Pour obtenir ces franges, l'auteur a successivement employé : 1° une expérience consistant à faire tomber les rayons solaires sur un *petit trou percé dans une plaque d'étain*; 2° une *lentille de 12 millimètres de diamètre*; les rayons étaient renvoyés par un *miroir*; 3° enfin (pour obtenir une lumière suffisamment convergente) un *globule de miel*.
4. Question de savoir si, dans la *diffraction*, les franges de lumière à des distances aussi considérables

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHE.

VIII.

aux nœuds condensés de l'autre, et se fortifier mutuellement lorsque leurs mouvements sont en harmonie

Cette mutuelle influence ne peut avoir lieu entre des sources différentes

7. *Figure explicative du croisement des ondulations et développement du sujet*

8-9. *Explication de la coloration des franges*

10-11. *Retard d'une demi-vibration apporté par la réflexion de la lumière sur des ondes lumineuses. — La formule déduite de ce calcul concorde bien avec les observations, en substituant à la distance d'ondulation) le double de l'épaisseur moyenne entre les franges d'air qui, dans la table de Newton, répondent au rouge du premier ordre et au violet du second ordre (soit $0^m,000000517$). — Le calcul de la distance du bord de l'ombre géométrique aux franges obscures du 2°, du 3°, du 4° ordre, etc. il suffit de multiplier par 2d, 3d, 4d, etc*

Tableau comparatif des résultats de la théorie et de ceux des observations sur les franges extérieures produites par la lumière blanche projetée sur des fils métalliques de diverses épaisseurs. — Observations faites avec Arago à l'aide d'un micromètre

12. *Autre tableau comparatif sur les franges extérieures produites par la lumière rouge homogène*

13. *Nécessité d'employer une lumière homogène pour atteindre*

OEUVRES D'AUGUSTIN FR

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

- VIII.19. Explication des phénomènes que présente l'om
20. Dispositions des franges produites par une can
ment aux rayons lumineux.
21. Vérification, sur l'ombre d'un *fil éclairé par un*
qui donne la *largeur des franges extérieures*.
- 22-25. Observations sur diverses complications dans la
- 26-28. Comment l'accord des vibrations des rayons én
lumineux peut se trouver établi au *foyer d'un*
trou au travers duquel on fait passer la lu
petit trou et le foyer de la lentille devienn
lations lumineuses. — Considérations géomé
29. Explications sur l'emploi de la *loupe* pour l'o
portées
30. Priorité du docteur Young quant à l'explicati
par les surfaces rayées et transmises par des tis
31. Explication de la *réflexion* dans le système des
32. Définition du *poli*.
33. Explication des *images colorées réfléchies par le*
feux de diverses nuances lancés par des *fils mét*
à la lumière solaire, etc.
34. Explication de la *réfraction* dans le système des
35. De là ressort une conséquence tout à fait opp
Newton sur la *vitesse relative de la lumière dan*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

IX.

Th. Young, relatives à l'influence mutuelle des rayons h
Arago annonce la *nouvelle expérience des miroirs* de Fre

* (α) [*Note d'É. Verdet*, qui relève une double inexactitude relati
périence consistant à introduire un pinceau lumineux dans
obscurité par deux petits trous rapprochés.].....

Suppression des bandes par l'interposition, dans un des fais
verre d'une certaine épaisseur.....

Expériences (faites en commun avec Fresnel) sur le
des bandes diffractées intérieures, qui peut servir à mesu
petites différences de réfraction, etc.....

[Calcul d'Augustin Fresnel *relatif au projet d'expérience sur*
de l'eau.].....

[Calculs du même *relatifs à un projet d'expérience sur la*
l'air.].....

[Résumé, par le même, des observations sur la variation
réfringent de l'eau quand on fait varier sa température

X. SUPPLÉMENT AU DEUXIÈME MÉMOIRE SUR LA DIFFRACTION D

présenté à l'Académie des sciences le 15 juillet 1816

1-6. Objections que fournit la théorie des ondulations contre

- X. 18. Considérations sur la *différence d'une demi-onde*
 plication des anneaux réfléchis
19. Hypothèse sur la profondeur à laquelle s'opère
 transparents
- 20-21. Théorie de Newton inapplicable à l'explication
 Impossibilité de concevoir, dans son hypothèse
 que les franges conservent la même largeur
 au faisceau lumineux le *dos* ou le *tranchant*
22. Même objection à l'hypothèse de Dutour sur l'explication
 des corps
23. *Courbure de la trajectoire des franges* également c
 Newton
- 24-29. *Influence mutuelle des rayons lumineux* démontrée
 confirmée par l'expérience des *miroirs de L*
 d'Arago sur la disparition des franges produites
 par une glace d'une certaine épaisseur, l'un
 férents.
30. Effets variés d'interférences produits par un v
 une de ses faces
31. L'influence mutuelle des rayons bien démontrée
se propage par les ondulations d'un fluide subtil
- 32-36. Rectification des explications données dans les
 relativement aux *franges extérieures et intérieures*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- X. *différence d'une demi-ondulation* entre les rayons directs et les rayons
 infléchis, qui résulte de la position des franges extérieures.
47. L'auteur fait observer, en terminant, que les erreurs
 échappées n'infirment point les bases fondamentales de la théorie
 des ondulations lumineuses.

XI.

NOTE SUR LA THÉORIE DE LA DIFFRACTION

déposée sous forme de *pli cacheté* à la séance académique du 20 août 1816.

* (α) [*Note de H. de Senarmont* sur cet écrit, destiné à assurer l'exactitude des
Mémoires du 14 juillet 1816 et du 19 janvier 1818 la priorité des obser-
vations qu'on pouvait faire aux phénomènes de la Diffraction et des
qui y sont exposés.]

1. La *dispersion* ne se borne pas aux *rayons lumineux* qui ont traversé le
 corps opaque: — elle s'étend à une infinité d'autres rayons, et
 jusqu'à des distances sensibles.
2. Expérience d'un faisceau lumineux passant par une *fente étroite*
 gagée entre deux plaques d'acier à bords arrondis sur une face
 hauteur et tranchants sur l'autre, et opposés en sens inverse. — On observe
 en soit résulté d'inflexion dans les franges. — Conséquences.
- 3-6. La *théorie des vibrations*, aidée du *principe d'Huyghens sur la propagation*
 des petits mouvements, conduit à l'explication complète de la *diffraction*. —
 Prédominance de l'impulsion suivant la normale.

- XI. 10. Détermination des *largeurs des franges extérieures*
11. Détermination des *franges intérieures*
12. Confirmation de cette théorie par une expérience
des franges produites par l'interposition
d'une petite ouverture.
13. Observation finale sur le rapide décroissement
l'ombre des corps.
-

FRAGMENTS ET NOTES DIVERSES RELATIVES ET À LA DIFFRACTION.

XII (A). NOTE SUR LES EFFETS PRODUITS PAR DES RAYONS SOUS UN TRÈS-PETIT ANGLE.

Effets d'interférence de *deux rayons différenciés*,
demi-ondulation (deux fig. explicat.). — Procédé
l'aide de *deux miroirs*, et observation à la *loupe*
résolue) sur la vision simultanée de deux rayons
divergence excède l'ouverture de la *prunelle*.

* (a) [Note d'É. Verdet répondant à cette dernière
question, si l'on considère la figure ci-dessus.]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

XII (C). NOTE SUR LES FRANGES EXTÉRIEURES DES OMBRES DES CORPS TRÈS-ÉTROITS.

Les franges extérieures de l'ombre d'un corps très-étroit sont
plus pâles, à une certaine distance, que celles d'un élargissement.
Ce phénomène, inexplicable dans la première hypothèse, est
est une conséquence nécessaire de sa nouvelle théorie.

XII (D). NOTE SUR L'HYPOTHÈSE DES PETITES ATMOSPÈRES À LA SURFACE DES CORPS.

Hypothèse de Dutour pour expliquer la *Diffraction*. —
Elle présente les mêmes difficultés et prête aux mêmes objections.
l'hypothèse des forces attractives et répulsives émanant de la
face des corps.

XII (E). NOTE SUR LES PHÉNOMÈNES DE LA DIFFRACTION DANS LA LUMIÈRE BLANCHE.

1. La *coloration des franges* résulte des différences de longueur d'onde
l'absorption de toutes les espèces de lumière dont se compose la lumière blanche.

OEUVRES D'AUGUSTIN FRE

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XII (F).

NOTE SUR LE PRINCIPE D'HUYGH

- 1-2. Développements analytiques d'où il résulte qu
intensités relatives des divers points des bandes ob
peut ne considérer dans l'onde lumineuse qu
un plan perpendiculaire au bord de l'écran
indéfiniment étendu.
3. La position des *minima* et des *maxima* des franges
indéfini d'un côté n'est pas modifiée par l'ad
écrans disposés rectangulairement.
- Si l'écran transversal était tourné obliquement,
terminer les positions des *maxima* et des *min*
les deux dimensions, comme aussi lorsque,
écran, on considère les franges très-près de s
-

XII (G).

NOTE SUR L'APPLICATION DU PRINCIPE D

ET DE LA THÉORIE DES INTERFÉRE

AUX PHÉNOMÈNES DE LA RÉFLEXION ET DE L

1. Notions théoriques sur la formation et la propa
neuses.
2. L'hypothèse des *petits mouvements*, appliquée à

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XII (G). du *principe des petits mouvements* aux ondes lumineuses. —
de *mouvements rétrogrades* résulte de la compensation
dilatations en arrière et les vitesses imprimées en avant
- 5-6. Considérations géométriques et analytiques relatives à la
tion de la résultante des ondes élémentaires en un point
situé à une très-grande distance de l'onde par rapport à
d'une pulsation lumineuse. — Cette résultante est repr
une intégrale qui ne peut s'exprimer en termes finis,
on peut tirer des résultats numériques entre des lim
minées.....
- Lorsque l'intégration est indéfinie, on peut, au lieu d'in
deux sens rectangulaires, intégrer une seule fois circula
concevant l'onde lumineuse divisée en une série d'a
des cercles concentriques, espacés de telle sorte que
envoyés en P par deux circonférences consécutives dif
eux d'une demi-ondulation.....
- Question relative à la destruction de tous ces anneaux de
ce qui laisserait entière l'intensité du petit cercle cent
de la réduire à moitié.....
7. Discussion. — Le mode d'intégration dans deux sens rec
fait plus aisément reconnaître que la résultante général
tions ne peut être nulle (α). — Développement, avec
explicatives, pour les deux cas de l'onde qui s'étend ind
de l'onde interceptée par un écran.....

XII (G).

sont très-petites relativement à la longueur
neuse. — De là l'idée précise de ce qui const

XII (H).

SECONDE NOTE SUR LA RÉFLEXION

L'auteur a omis de faire remarquer dans sa pre
gration détermine la position de la résultant
conclusion, que *les plus courts chemins, compt*
l'onde résultante, doivent tous être égaux entre
d'une réflexion régulière sur une surface indéf

Réponse à l'objection fondée sur ce que l'ab
rétrograde dans les ondes dérivées n'impliq
des réflexions dans l'intérieur d'un milieu ho

Explication de la *différence* d'une *demi-ondulation*
chis intérieurement et extérieurement dan
anneaux colorés.

XII (I).

NOTE SUR LA RÉFLEXION ET LA RE
CONSIDÉRÉES DANS LE SYSTÈME DE

1-3. La théorie de l'émission explique la *réflexion* p

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

XII (I). *douci* donne aux objets blancs, soit par transmission
réflexion

5. La supériorité de la théorie des *vibrations* sur celle de
se borne pas à donner des explications beaucoup plu
des phénomènes lumineux; — la première les sou
et les prévoit dans une multitude de cas où la th
nienne ne conduit à aucune solution.

XII (J). EXPÉRIENCE SUR LA RÉFLEXION RÉGULIÈRE PRO
PAR DES SURFACES NON POLIES.

Rappel des considérations théoriques sur le *poli* plus ou
— Citation d'un passage de Newton. — Une surface p
espèce de rayons pourra ne pas l'être pour des ray
tions plus courtes

En faisant varier l'angle d'incidence sur une glace simp
on produit des réflexions répondant à tous les degrés

Expérience analytique faite dans une chambre obscure,
spectre solaire sur une glace *doucie*. — Les dernières co
paraissaient, lorsqu'on diminuait l'inclinaison de la
le *rouge* et le *vert*, dont le mélange produisait une

Effets du même genre produits par un *milieu non ho*
peuvent expliquer la teinte rougeâtre du soleil v

« prix au Mémoire inscrit sous le n^o 2, et po

« *Natura simplex et fecunda.* »

INTRODUCTION.

- 1-3. Deux systèmes sur la nature de la lumière :
celui des *vibrations* ; le premier, adopté par
par Descartes, Hooke, Huyghens et Euler.
Les difficultés de l'application de l'analyse mé
tème ne peuvent infirmer les probabilités r
de cette considération qu'il conduit à l'exp
des phénomènes lumineux, sans que l'on
pour chacun d'eux à des hypothèses souvent
4. Explication donnée, dans chacun des deux s
infinie de *rayons de diverses couleurs* dont
blanche
5. Discussion sommaire des diverses hypothèses
plier la *réflexion*, la *réfraction* et le phén
lorés
- 6-7. Improbabilité de l'hypothèse des *accès de faci*

XIV.

blanche peuvent être attribuées, dans la théorie newtonienne, à une *force alternativement attractive et répulsive*

12.

Avant de discuter cette hypothèse, l'auteur fait connaître les résultats d'observation directe qu'il a employés; il s'est servi d'un *carton blanc* ou un verre pour recevoir les ombres sur un *carton blanc* ou un verre. On peut ainsi suivre les bandes obscures et brillantes et leur origine. — Elle paraît se confondre avec le bord de l'ombre à moins d'un centième de millimètre

13.

Élargissement des franges produit en rapprochant l'écran du point lumineux. — Impossibilité d'accorder les résultats obtenus avec la formule déduite de l'hypothèse précitée.

14.

Tableau des intervalles compris entre le bord de l'ombre et le milieu de la bande obscure du quatrième ordre. — Distances du point lumineux au corps opaque, de 6^m,007 jusqu'à 6^m,007

15.

Formule des déviations, d'après l'hypothèse d'une *force attractive*. — *Tableau* des différences entre le calcul et l'expérience. — Différences très-notables

16.

Suivant la théorie newtonienne, les centres des bandes brillantes devraient se propager *en ligne droite*; — on démontre que leurs trajectoires sont des *hyperboles*

Tableau confirmatif de cette loi, dressé d'après les résultats des séries d'observations.

Ces résultats, contraires à l'hypothèse des *condensations* des rayons lumineux, s'expliquent facilement par le *principe des interférences*

17.

Grimaldi a reconnu le premier l'action des rayons lumineux. — Young l'a démontrée en faisant disparaître les centres

- FRESNEL]. — Disparition des franges par deux faisceaux.
- 20-21. *Formules pour le calcul de la position des franges de l'hypothèse (que paraît avoir adoptée) résultent de l'interférence des rayons directs et des bords mêmes de l'écran. — Le calcul numérique inverse de ceux de l'expérience, quant à l'obscurité et brillantes. — Il y aurait donc une difficulté pour les rayons réfléchis sur le bord de l'écran à résoudre. — Accord approximatif de la formule*
- 22-23. *Formule pour les franges intérieures. — Elle est toujours un peu plus grandes que celles de l'extérieur. — Ce sujet l'exposé de la théorie de la Diffraction*
- 24-26. *Courbure hyperbolique de la trajectoire des franges de la formule et confirmée par l'observation. — Cette manière se trouve toutefois infirmée par ce fait que la coupe ou tranchante des bords de l'écran est sans influence sur la position des franges*
- 27-28. *Expérience sur les effets d'interférence obtenus avec une lame de cuivre entaillée, à son bord supérieur, dont la séparation est en saillie. — Cette expérience confirme l'hypothèse de l'auteur, en démontrant que les franges sont produites par le concours d'une infinité de rayons*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

nature, ni de la *masse*, ni de la *forme* des corps qui interceptent la lumière; — principe inconciliable avec l'hypothèse des *forces attractives* ou *répulsives*. — *Ces phénomènes sont donc inexplicables dans le système de l'émission* ⁽¹⁾

⁽¹⁾ [*Note* tendant à démontrer que l'explication des phénomènes d'*attraction capillaire*, qui suppose un *fluide*, ne peut s'appliquer, dans le système de l'émission, à l'explication des phénomènes d'interférence.]

SECTION II.

4. L'auteur passe à l'exposé d'une *théorie générale de la Diffraction*, uniquement fondée sur le *principe des interférences* et sur le *principe d'Huyghens*. — Il part de cette hypothèse que la *lumière consiste dans les vibrations de l'éther*; — et il présente diverses considérations sur le *problème des vibrations d'un fluide élastique*

SOLUTION DU PROBLÈME DES INTERFÉRENCES.

Énoncé du problème ⁽¹⁻²⁾. — Rappel du principe de la *coexistence des petits mouvements*. — Comment il doit être ici appliqué.

⁽¹⁻²⁾ [*Double note*. — Il ne sera pas question d'ondes lumineuses émanées de sources différentes. — Priorité de Th. Young dans la découverte du *principe des interférences*. — Il n'a d'ailleurs considéré que les cas extrêmes d'accord et de discordance.]

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRÉCHET

NUMÉROS

et

PARAGRAPHES.

- XIV. 40. Calcul de la *formule générale* qui donne la résultante d'ondes séparés par un intervalle quelconque.
41-42. Conséquences de cette formule quant à l'intensité de la lumière totale et à la *position de l'onde résultante*.

APPLICATION DU PRINCIPE D'HUYGHENS AUX PHÉNOMÈNES

43. A l'aide des *formules d'interférences* et du seul principe on peut calculer tous les phénomènes de la *Diffraction* par ce principe. — On supposera les *ébranlements* de même espèce, ayant lieu simultanément, sur un même plan ou sur une même surface sphérique, et que les *vitesses imprimées aux molécules* perpendiculairement à la surface sphérique⁽¹⁾, et proportionnelles aux condensations, en sorte que le mouvement rétrograde

⁽¹⁾ [Note par laquelle l'auteur annonce que, depuis son Mémoire, il a été conduit à reconnaître que les vibrations se font PERPENDICULAIREMENT AUX RAYONS, OU PARALLÈLEMENT À LA NORMALE DE L'ONDE.]

44. Modifications produites dans une onde lumineuse par l'interception en partie. — Figure explicative. — Direction du mouvement de l'éther suivant la normale à l'onde.

* (α) [Note d'É. Verdet, qui fait observer que la normale à l'onde est la direction du mouvement de l'éther.]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XIV. 48. *Franges* produites par une *petite ouverture*. — Les points sombres des bandes obscures répondent à des différences d'un nombre pair de demi-ondulations entre les rayons extrêmes; — positions inverses de celles qu'on observe dans les franges d'accords ou des discordances des rayons extrêmes, thèse première de l'auteur, qu'ils concouraient *seuls* à produire des franges.

49. Lorsque les distances sont petites et l'ouverture un peu grande, la distinction des *maxima* et des *minima* ne peut être rigoureusement terminée que par le calcul de la résultante de toutes les ondes élémentaires émanant de l'onde incidente.

50. Cas très-remarquable où cette intégration n'est pas nécessaire, *lorsque l'on place devant le diaphragme une lentille qui concentre les rayons réfractés sur le plan dans lequel on observe les franges*. — Alors le centre de courbure de l'onde émergente se trouve sur ce plan, au lieu d'être au point lumineux (α), ce qui simplifie beaucoup les calculs. — Développement géométrique de la distance de toutes les bandes obscures, à l'exception des premières (β). — *Expérience* confirmative avec un verre

* (α) [*Note d'É. Verdet*. — Ce principe fécond, énoncé sans démonstration, se déduit de la théorie des *caustiques*. — Développement

* (β) [*Note du même*. — Confirmation de la précédente.] . . .

51. Effets produits avec un *verre cylindrique*, quand l'ouverture

XIV.55. Phénomènes moins compliqués avec un *écran*

Dans ce cas, les bandes obscures et les bandes lumineuses sont disposées de même, et présentent les mêmes intensités et leurs intervalles. — *Figure explicative* de positions identique avec celle qui avait été adoptée pour l'hypothèse. — *Trajectoires hyperboliques des rayons*

56. Pour le calcul de la *largeur des franges*, il faut appliquer au principe d'Huyghens la

APPLICATION DE LA THÉORIE DES INTERFÉRENCES AU

57. *Figure explicative*. — Calcul de la résultante des ondes envoyées en un point P par un point lumineux. On se trouve interceptées du côté A par un écran. On considère la section de l'onde primitive de l'écran, et la largeur au bord de l'écran pour déterminer les intensités relatives des bandes obscures et des bandes lumineuses. On trouve ainsi que la *résultante générale* ou l'intensité au point P est égale à la racine carrée de la somme des carrés des intégrales répondant, l'une à l'onde émise par le rayon CP rencontre l'onde interceptée par l'écran, l'autre à l'onde distante de la première d'un quart de longueur d'onde.

La somme des carrés de ces intégrales représente l'intensité, ou l'intensité de la lumière.

58. Les intégrales se divisent en deux parties : — l'une entre A et M; — l'autre constante, comprise entre M et B. Les intégrales des deux séries de composantes sont abrégées $\int dv \cos qv^2$ et $\int dv \sin qv^2$

Tableau des valeurs numériques des intégrales

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

V.	Tableau des maxima et des minima pour les franges extérieures et des intensités de lumière correspondantes. — Conséquences à tirer de ce tableau
	Calcul de la formule pour déterminer la largeur des franges
	Rapport entre les résultats de cette formule et les résultats fournis par les premières hypothèses de l'auteur
	Calcul des longueurs d'ondulation. — Elles ont été déduites de la mesure des franges produites (avec une lumière rouge homogène) par la combinaison précitée d'une ouverture étroite et d'un verre cylindrique
	Tableau des résultats de cinq observations d'où ressort pour λ la valeur $0^m,000638$, au lieu de $0^m,000620$, valeur déduite des observations de Newton sur les anneaux colorés
-64.	Vérification à l'aide des franges produites : — 1° par deux miroirs ; 2° par un biprisme très-obtus
	Application de la valeur trouvée pour la longueur d'ondulation de lumière rouge au calcul de la position des franges extérieures
	Tableau comparatif des résultats du calcul et de ceux de vingt-cinq observations
	Accord remarquable. — Différences notables que présente l'emploi des premières formules de l'auteur
	Précautions à prendre et appareils à employer pour ce genre d'expériences

XIV.

des calculs (α) à faire pour chaque cas par
les multiplier autant qu'il l'aurait désiré. .

* (α) [*Note d'É. Verdet*, qui cite à ce sujet les
Cauchy, exposés dans le Mémoire de M. Quet su

72. *Franges produites par une petite ouverture à bords*
des intensités pour divers points donnés. —
tion pour trouver les positions des *maxima*
73. *Tableau comparatif* des résultats de la théorie e
position des *maxima* et des *minima* dans les
une *ouverture étroite*. — Accord généraleme
sures avec les résultats des calculs.
74. Explications au sujet des différences notables
la 4^e observation.
75. Accord de l'observation et du calcul relativem
gressives de l'intensité lumineuse dans les
du calcul et *figure*.
76. *Franges produites par un corps étroit*
Tableau comparatif des résultats de la théorie
la position des *maxima* et des *minima* dans
par l'*interposition d'un corps opaque étroit*. . .
Accord généralement satisfaisant. — Explicati
77. Par l'effet du peu de largeur du corps, les *fr*
première observation, étaient d'une extrême

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

V.	<i>neux</i> , dans les expériences, est toujours l'assemblage d'une <i>infini</i> <i>de centres de vibrations</i> . — D'où il résulte que les franges se cor fondent au delà d'une certaine distance.
.	Effets produits par l' <i>interposition des corps transparents</i> . — Franges pr duites par les <i>lames minces de mica</i> (expérience d'Arago)
.	Comment il se fait que les <i>franges intérieures</i> produites par un cor <i>transparent</i> , suffisamment étroit, échappent à l'observation
.	Les phénomènes de diffraction de la <i>lumière blanche</i> se déduisent ais ment de ceux de la <i>lumière homogène</i> , à l'aide de la formule emp rique de Newton
.	Phénomènes de diffraction des <i>surfaces polies</i> tout à fait semblables ceux de la <i>lumière directe</i> ⁽¹⁾
	⁽¹⁾ [<i>Note de l'auteur</i> . — Développements et considérations géométriques.]
.	Huyghens n'a donné qu'une explication incomplète des lois de la r <i>flexion</i> et de la <i>réfraction</i> , faute d'avoir fait entrer en considérati le principe des <i>interférences</i>
	Résumé des principaux phénomènes lumineux expliqués par la théor des vibrations.
	[<i>Variante finale du présent Mémoire</i> . — Exposé succinct des principales mod fications que la <i>polarisation</i> apporte dans l'influence mutuelle des rayo lumineux.]

XIV. Application de la même méthode à l'écran c

NOTE I. 7. à la démonstration de ce théorème, dédu
gales générales: — *Dans certains cas, le c*
circulaire doit être aussi éclairé que si l'écran

Expérience d'Arago sur un écran de 2 millim

⁽¹⁾ [Note de l'auteur sur cette expérience.].

8-11. Il n'en est pas de même pour une *ouverture* c
calcul des *teintes*. — Expérience confirm
Le centre de l'ombre d'une ouverture cir
même série de teintes que les *anneaux ré*
culées; pour les sept principales espèces d
formule empirique de Newton. — [VAR. —
formule.].

NOTE II. — EXPLICATION SUR LA RÉFRACTION DANS

1-2. Considérations générales sur les deux théo
neuses et de l'*émission*. — Résumé des dé
sur lesquels repose la première.

3. Développements géométriques (avec *figure*) s
qui vient rencontrer la surface de séparat
la lumière ne traverse pas avec le même d
les deux moitiés de l'onde incidente tou

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XIV. ment : *les sinus d'incidence et de réfraction des rayons*
- NOTE II. dans le rapport constant des vitesses de propagation
8. La *normale à l'onde* appelée RAYON est effectivement le
rayon visuel.....
9. Si l'onde incidente a dans toute son étendue une intensité
cette uniformité doit se maintenir dans l'onde réfractée
10. Si les limites de la surface réfringente n'étaient pas
des points d'incidence pour que les rayons voisins
considérés comme sans influence sensible sur la résultante
devrait recourir aux formules d'interférence. — La théorie
est incomplète à cet égard.....

PLANCHE-APPENDICE.

Représentation graphique des intensités de lumière
l'ombre géométrique d'un écran indéfini.....

THÉORIE DE LA LUMIÈRE

DEUXIÈME SECTION.

CONSTITUTION

- XV (A). soupçonner à l'auteur que *les deux systèmes de lumière dans les cristaux biréfringents n'ont l'un sur l'autre*.....
5. Confirmation de cette conjecture par l'absence de franges dans la lumière des nuées vues à travers des lames de chaux.....
- 6-7. *Expérience conçue par Arago, et consistant à faire interférer deux rayons lumineux émanés d'une même source, et polarisés par des lames minces de mica.* — Point de franges lorsque la différence des rayons polarisés en sens contraires est égale à un multiple entier de la longueur d'onde.....
- 8-9. Autre expérience projetée pour faire concourir la réflexion et la réfraction.....
- 10-11. Vérification de la *non-interférence*, au moyen de la diffraction par une fente étroite faite de chaux, ou de cristal de roche, placée devant un point étroit éclairé par un point lumineux.....
12. Cette même expérience fournit un moyen de mesurer la longueur d'onde entre le nombre des ondulations ordinaires qui passent à travers la lame cristallisée et de calculer les rapports de la longueur d'onde à la marque d'Arago sur l'application de ce principe du principe d'Huyghens.....
13. Le *parallélisme des plans de polarisation* n'est pas la cause de la production des franges. — Elles ne disparaissent pas quand ils sont à peu près perpendiculaires.....
14. Comment expliquer cette *non-interférence* ? (1).....

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XV (A). L'auteur, ne connaissant pas l'explication que Th. Young a
17. de la *coloration des lames cristallisées*, va exposer ses propo-
ce sujet (α).....
- * (α) [*Note de H. de Senarmont*, qui reproduit le passage du *Quar-*
où se trouve exposée la théorie de Th. Young.].....
- 18-19. Explication (avec figure) de la *coloration des lames mince-*
gentes; — et formules des *intensités des deux faisceaux*
extraordinaire produits par un *rhomboïde* de carbonate de
des *quatre faisceaux* produits par deux rhomboïdes.
20. Couleurs qui doivent prédominer dans les images ordinaires
ordinaire.....
21. Explication des *teintes complémentaires* des deux images....
- 22-23. Règle déduite des observations de Biot, pour savoir à laquelle
images doit être attribuée l'*addition d'une demi-ondulation*
rence des chemins parcourus déterminée par l'épaisseur de
24. Lorsque les rayons lumineux qui traversent la lame n'ont
préalablement polarisés, les deux images transmises par le
boïde de chaux carbonatée sont parfaitement blanches.
s'explique en considérant la LUMIÈRE ORDINAIRE comme
DE RAYONS POLARISÉS DANS TOUTES LES DIRECTIONS.....
25. Les phénomènes plus compliqués résultant de la *superposi-*
sieurs lames de même nature sont tout aussi faciles à com-
- 26-30. Explication, à l'aide des formules précitées, des variations

ŒUVRES D'AUGUSTIN FREY

NUMEROS
et
PARAGRAPHES.

XV (B). MÉMOIRE SUR L'INFLUENCE DE LA POLARISATION QUE LES RAYONS LUMINEUX EXERCENT LES UNS SUR LES AUTRES

[Deuxième rédaction.]

PREMIÈRE PARTIE.

* (a) [Note de H. de Senarmont sur cette deuxième rédaction, dans lequel repose la théorie exposée dans ce Mémoire.]
L'hypothèse unique des VIBRATIONS TRANSVERSALES est la seule qui puisse faire à l'explication des phénomènes connexes de la *polarisation*. (Voyez le N° XXI.) — Citation d'

- 1-3. Premières recherches infructueuses faites avec l'influence de la *polarisation* sur la production des ombres.
4. Résultat : les deux systèmes d'ondes produits par la lumière n'ont aucune influence apparente l'un sur l'autre.
5. Confirmation de ce principe par l'absence de couleur blanche des nuées vues à travers une lame mince.
- 6-7. Vérification conçue par Arago. — Elle consiste à faire passer des faisceaux polarisés par deux piles de lames minces de manière que les plans de polarisation se trouvent

(1) [Note de l'auteur. — Pour que des rayons polarisés puissent être réfléchis, il faut qu'ils soient réfléchis sur une surface qui soit elle-même polarisée.]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XV (B). ayant leurs axes disposés rectangulairement. — L'omission de ces deux systèmes de franges ⁽¹⁾.....
- ⁽¹⁾ [Note sur les conséquences de la polarisation d'une partie considérable de la lumière solaire réfléchie par le miroir et qui forme le point lumineux.].....
12. Moyen que fournit cet appareil pour déterminer le rapport des vitesses des rayons ordinaires et extraordinaires. — Le même (suivant la remarque d'Arago) pourra servir à vérifier les lois de Franghens dans tous les cristaux susceptibles de polarisation.....
13. En plaçant à 45 degrés les axes des deux lames, on obtient deux systèmes de franges, celles du milieu reparaissant.....
14. La disparition des franges par la disposition rectangulaire ne s'expliquera que lorsque l'on saura en quoi consiste la polarisation de la lumière.....
15. L'auteur a supposé que les rayons lumineux, en traversant des lames minces cristallisées, sont polarisés parallèlement et perpendiculairement à l'axe, comme dans les cristaux plus épais. — Ce point est essentiel à vérifier pour apprécier la théorie de la polarisation mobile de Biot, laquelle, d'accord avec les faits, est en parfaite analogie.....
- Démonstration expérimentale de ce principe, à l'aide de l'appareil dessus décrit, en observant avec un rhomboïde de spath d'Islande les deux groupes de franges produits par les deux moitiés de la lame.....

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

- XV (B). On retrouve ici la *différence* (encore inexplicable) qui paraît indépendante des chemins parcourus.
19. Effets divers résultant de l'application du *prisme à double image* produites par les lames placées devant les *lames de cuivre*, ou aux franges obtenues avec l'appareil étamées.
- 20-21. Franges produites au moyen de deux images obtenues par la double réfraction. — Détail de l'expérience qui ont coïncidé avec ceux du calcul.
22. Il y a, entre cette expérience et celle où l'on a employé des lames cristallisées en croisant leurs axes, les mêmes différences qu'entre les phénomènes observés et ceux des *anneaux colorés*.

SECONDE PARTIE.

23. Priorité du docteur Young quant à la remarque faite par lui sur les franges produites par la polarisation dans les lames cristallisées. — *Remarque* à la différence des chemins parcourus dans le cristal⁽¹⁾. — Lacune dans les observations de ce savant.

⁽¹⁾ [Note. — Calcul fait par l'auteur, pour le cas où l'on a l'axe, avant d'avoir eu connaissance du phénomène. *terly Review*.].

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

- (B). même nature sont aussi faciles à concevoir. — Développements
ce sujet.
- 34. *Variations d'intensité observées dans la coloration des images* lorsqu'on fait
tourner dans son plan la lame cristallisée, ou qu'on change l'azi-
mut de la section principale du rhomboïde de spath calcaire. —
Explication, à l'aide des formules d'intensité, des images ordinaires
et extraordinaire.
- 38. L'expérience confirme toutes les conséquences déduites des formules
précitées. — Graves objections qui peuvent être faites à la *théorie*
de Biot. — Ces difficultés disparaissent avec la *théorie des ondulations*
qui embrasse tous les phénomènes de l'optique dans des formules
générales.

VI. MÉMOIRE SUR LES MODIFICATIONS QUE LA RÉFLEXION IMPRIME À LA LUMIÈRE POLARISÉE (α).

- * (α) [*Note préliminaire d'É. Verdet*. — Il explique et justifie le classement de
ce Mémoire, qui se rattache à des travaux de beaucoup postérieurs à ce
qui le précède et à ce qui le suit immédiatement.].....
2. Une expérience fort simple a fortuitement conduit l'auteur à la décou-
ouverte des singuliers phénomènes qui font l'objet du présent
Mémoire. — Il en ressort ce principe (qui paraît avoir échappé aux
observations de Malus et de Biot) : *La lumière polarisée complètement*

- dont il s'agit par une équation entre le réfléchi, l'angle d'incidence, l'azimut des rayons incidents et celui des rayons réfléchis.
6. Les plans de polarisation des deux images produites par le premier rhomboïde sont parallèles, après comme avant la réflexion, pour l'incidence très-oblique ou presque normale. — La rotation fait disparaître qu'une image à la fois.
- Les métaux dépolarisent la lumière d'une manière particulière dans les incidences extrêmes.*
7. Si l'on fait tomber très-obliquement sur une surface lumineuse polarisée dans un azimut déterminé par rapport au plan de réflexion, les images produites sur les deux faces sont polarisées à peu près en sens opposés.
8. Cette observation a conduit l'auteur à construire un miroir métallique d'une mince couche de métal qui éclairât très-obliquement avec un faisceau de couleurs disparaitre quand le plan de réflexion est à un azimut de 45 degrés par rapport au plan d'incidence.

Expériences confirmatives. — Il semblerait que la réflexion à la surface du métal ne s'opère pas . . .

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.
XVI.

- obliquement un faisceau polarisé, comme ci-dessus, e
entre le faisceau réfléchi et le rhomboïde de spa
une lame mince de sulfate de chaux perpendiculaire
réfléchis et ayant son axe tourné dans le même azimut
du plan de polarisation primitive. — Tout étant ainsi
apercevait des couleurs très-vives en tournant la sec
pale du rhomboïde parallèlement ou perpendiculairem
de réflexion
11. *Effets de la réflexion totale*, dans un prisme de verre, d
polarisé à 45 degrés du plan d'incidence.
- 12-14. La modification résultant, quant à la polarisation de
d'un nombre quelconque de réflexions totales consé
être détruite par un même nombre de réflexions semb
un plan perpendiculaire à celui des premières, et so
dences égales.
15. Les modifications résultant, pour la lumière polarisée, d
intérieures ne lui font pas perdre la propriété de dé
couleurs dans les lames cristallisées. — Examen du
simple, où la lumière polarisée dans l'azimut de 45
rapport au plan d'incidence est réfléchie deux fois dan
du verre entre des faces parallèles.
16. La lame mince cristallisée étant placée entre deux pri
plés et le second rhomboïde de spath, les images di
fléchies donnent alors à la lame des couleurs très-di

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHE.

- XVI. 19. Effets produits en tenant la lame fixe et e
rhomboïde.
20. La lame cristallisée est ensuite supposée
rhomboïde et les prismes accouplés. —
21. Dispositions à donner à l'appareil pour re
plus sensibles ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ [Note. — L'auteur annonce qu'il a reconnu
Mémoire suivant) que *ces teintes ne sont pas*
anneaux colorés.]

Tableau des teintes observées en faisant tour

- ⁽²⁾ [Note. — Addition à faire à l'appareil, pour l
des *plaques de cristal de roche perpendiculair*
- 22-23. Effets produits sur la coloration des lames
et trois réflexions intérieures du rayon p
La lumière ramenée à l'état de *polarisation*
cristallisées des mêmes teintes, quelles q
qu'elle ait éprouvées auparavant.
24. Résultat singulier de *quatre teintes différen*
obtenu en recevant sur une glace sans
modifiée par deux réflexions intérieures
plus grande ou plus petite que celle q
complète.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

- XVI. la condition qu'elles aient été *primitivement polarisées*.
plan pour que cette influence mutuelle puisse être r
 Les expériences rapportées dans le Mémoire N° X
 prouvent d'ailleurs que les rayons ordinaires et c
 transmis par les lames cristallisées les plus minces
 polarisés parallèlement et perpendiculairement à l'a
28. Examen, sous le même point de vue, des *nouveaux phé*
ration que présente la lumière polarisée modifiée par un
 réflexions complètes *dans l'intérieur du verre*
- L'auteur rappelle les phénomènes produits avec l'app
 décrit, lorsque la lame de sulfate de chaux est p
 premier rhomboïde de spath calcaire et les pris
 accouplés, et lorsqu'elle est placée entre le pris
 rhomboïde
- De là ressort ce principe général : *Toutes les fois qu'u*
est réfléchi dans l'intérieur d'un prisme, sous l'inciden
réflexion complète, et qui est suffisamment éloignée de la r
et du parallélisme à la surface, il se divise en deux autr
l'un est polarisé parallèlement, et l'autre perpendicula
d'incidence, le premier se trouvant en retard, au sortir
huitième d'ondulation
- Intensités relatives de ces deux faisceaux
29. *Discussion théorique (avec figure explicative) des phéno*
sente la lumière polarisée complètement réfléchie .

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS

et

PARAGRAPHES.

XVI.30. Autre difficulté : *Quel est le plan de la polarisation dans le rayon réfléchi?* — Développement de la théorie de la polarisation, qui se représente toutes les fois qu'un rayon éprouvé un nombre impair de réflexions, le nombre est pair.

31. Dans le cas de deux réflexions complètes, les rayons extraordinaire sont d'égale intensité. —

32. Effets produits après quatre réflexions successives : les réflexions détruisent les modifications introduites à la lumière polarisée, quand elles ont un nombre pair, et contraire à celles-ci.

33. Les explications ci-dessus sont fondées sur la théorie de la polarisation : la lumière polarisée est divisée par la réflexion complète en deux rayons polarisés, l'un parallèlement, l'autre perpendiculairement, et séparés par un intervalle d'un huitième de longueur d'onde.

Trois figures indiquent la distribution circulaire de la lumière par les trois lames mises en expérience. Les figures 32 et 33 reposent ces constructions. — La démonstration des principes énoncés se rattache à un problème encore résolu. — Renvoi au Supplément.

34. Applications du principe qui vient d'être formulé : on fait le plus ressortir la différence entre la lumière polarisée et celle qui a éprouvé la modification de la polarisation par deux réflexions intérieures. — Figure 34.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

XVI. ne pourra être complétée que lorsqu'on saura *en quoi la modification transversale des ondes*, à laquelle Malus a attribué la *de polarisation*.

XVII. SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE SUR LES MODIFICATIONS QUE LA RÉFLEXION IMPRIME À LA LUMIÈRE POLARISÉE.

* (α) [*Note préliminaire de H. de Senarmont* sur cet écrit, qui est insérée aux Mémoires N° XI et N° XIV sur la *diffraction*, qu'aux Mémoires N° XV et N° XVI.].

1. Insuffisance des explications données dans le précédent Mémoire sur la *coloration des lames cristallisées*. — La solution générale du problème suivant : *Étant données les intensités de quelconque de systèmes d'ondes, et leurs positions respectives, à différents degrés d'accords et de discordances, déterminer la lumière totale*.

2-3. Application du *principe des petits mouvements*, combiné avec celui du *pendule*, au calcul des *vitesse oscillatoires* des molécules, et la formule générale qui donne la *vitesse des molécules en fonction de la longueur d'onde*. On en déduit la formule pour le calcul des *vibrations* produites par le concours d'un nombre quelconque de faisceaux de lumière.

Application au cas du *concours de deux systèmes d'ondes*, et au cas de l'autre d'un quart d'ondulation. — L'onde résultante.

XVII. Observation sur la *position des anneaux colorés* qui résultent de la *réflexion à la surface des corps transparents* à une profondeur d'un quart d'onde.

(1) [Note marginale sur l'explication de la tache de Young sans cette hypothèse.]

6. Application de cette théorie au calcul des teintes des lames cristallisées dans plusieurs cas particuliers.

Cas de deux lames parallèles à l'axe, de même nature, ayant leurs axes croisés à 45 degrés. — Erreur de permanence des teintes dans la rotation du cristal.

Figure explicative. — Huit systèmes d'ondulations dans le boîde de spath calcaire

Expressions algébriques des quatre faisceaux de lumière naître, avec l'indication de la marche de la lumière.

Calcul de la formule des intensités

Positions auxquelles correspondent des teintes particulières.

7. Discussion des effets produits selon que la lumière est ordinaire ou extraordinaire, et selon que le nombre entier $+ \frac{1}{2}$ ou $\pm \frac{1}{4}$

8. Application de la même théorie à quelques cas plus singuliers produits par les lames cristallisées modifiées par la réflexion complète

Examen du cas où la lumière polarisée est réfléchie.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

UMÉROS

et

AGRAPHERS.

- VII. Formules d'intensité et teintes répondant à diverses hypothèses.
- Conséquences qui ressortent de la formule générale comparée à celle qui exprime l'intensité des rayons de l'image ordinaire lorsque l'on supprime, dans l'appareil dont il s'agit, les deux prismes accouplés — Effets comparatifs produits sur les teintes par la rotation du rhomboïde dans ce second cas.
- Rappel de l'observation du Mémoire précédent (§ 21, note 2) sur un appareil propre à reproduire, avec une *lame cristallisée parallèle à l'axe*, les effets de coloration d'une *lame de cristal de roche perpendiculaire à l'axe*.
- Les teintes restent constantes quand on fait tourner les deux rhomboïdes dans le même sens et de la même quantité angulaire. — Application de la théorie des interférences à ce phénomène. — *Figure* explicative. — Expressions algébriques des *huit faisceaux* produits. — Comme ils se réduisent à quatre.
- Effets produits selon que les deux plans de réflexion sont disposés parallèlement ou à angle droit.
- Application, aux *anneaux colorés*, de la formule générale de la résultante de deux systèmes d'ondes.

VIII. MÉMOIRE SUR L'ACTION QUE LES RAYONS DE LUMIÈRE POLARISÉE EXERCENT LES UNS SUR LES AUTRES,

- polarisés*. — Lorsqu'ils le sont dans le m
comme les *rayons naturels*, des *franges* sur
écran.
3. Essais d'interférences avec des *rayons pola*
Résultats douteux. — Recherche d'un p
décisif.
- 4-5. *Fresnel* recourut successivement à deux mé
de faire interférer deux faisceaux *ordina*
avoir compensé la différence de vitesse; —
moitiés d'un rhomboïde de spath calcaire
tions principales fussent à angle droit, c
férer les deux faisceaux émergents. — *R*
6. *Méthode d'Arago*. — Elle était indépendant
et consistait à faire interférer les deux fa
fentes très-fines d'une feuille mince, après
avec moitié d'une pile de quinze feuilles
produites s'évanouissaient dès que les de
de manière que les rayons transmis se t
contraire.
7. *Nouvelle expérience de Fresnel*. — Une lame d
devant les deux fentes de l'écran, n'a p
trale sans les *franges latérales* qui serai
rence des rayons *ordinaires de droite* avec
de gauche, et réciproquement; résultat
claire

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XVIII. *Pour que deux rayons polarisés en sens contraires, et ramenés*

10. *polarisation analogue, puissent s'influencer mutuellement, i*
qu'ils soient primitivement partis d'un même plan de po
Expérience (de Fresnel) démonstrative de ce principe

Résumé des conséquences des expériences précitées...

Ces mêmes lois pourraient se déduire plus simplement
directement, des phénomènes de coloration des lames

NOTES ET FRAGMENTS SUR L'ACTION QUE LES RAYONS
EXERCENT L'UN SUR L'AUTRE, ET SUR LA POLARISATION

XIX (A). NOTE SUR LA THÉORIE DES COULEURS QUE LA POLARISATION
DÉVELOPPE DANS LES LAMES MINCES CRISTALLISÉES

La théorie de la *polarisation mobile*, inconciliable avec
lames minces cristallisées polarisent la lumière comme les lames
plus épais; également inapplicable à divers phénomènes
du croisement de deux rhomboïdes de chaux carbonatée

L'idée fondamentale de la théorie opposée à celle de
au docteur Young; mais son explication de la *coloration*
être complétée des trois principes suivants: — 1° la
des rayons polarisés dans deux plans perpendiculaires
— 2° la condition pour qu'il y ait interférence entre

XIX (B). FORMULES GÉNÉRALES DES INTENSITÉS DES IMAGES
NAIRE, DANS LE CAS OÙ LA LUMIÈRE POLARISÉE
LANE CRISTALLISÉE PARALLÈLE À L'AXE.

Figure explicative. — Expressions algébriques
images.

XIX (C). NOTE SUR L'EXPÉRIENCE DES FRANGES
PAR DEUX RHOMBOÏDES DE CHAUX

Les expériences de Biot sur les effets du *cristal de roche* de près de 4 centimètres
aux conséquences les plus singulières sur la *polarisation fixe* et la *polarisation mobile*.

Ces effets s'expliquent facilement par ce principe que la lumière
en deux faisceaux par les cristaux est toujours divisée
et perpendiculairement à la section principale
minces comme dans les plus épaisses; et que les effets de
larisation mobile résultent de l'*interférence*

Démonstration de cette loi en croisant à angles
principales de deux rhomboïdes de spath calcaire
loupe la lumière émergente.

Expérience confirmative (précitée) où l'on voit
dans les *lames minces* les rayons ordinaires
naires

XIX (D). NOTE SUR LA POLARISATION

Rappel de la théorie de la *polarisation mobile*
con. *Traité de physique* (t. IV, p. 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000)

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

XIX (E). NOTE SUR LES INTERFÉRENCES DES RAYONS POLARISÉS.

Rappel de l'expérience des *deux rhomboïdes*, qui montre
ce qui se passe dans la coloration, par la lumière po-
larisée, à travers des *lames minces cristallisées*

Analyse et discussion des effets produits; ils sont analogues
à ce qui voit dans les *anneaux colorés*, où la lumière transmise
est complémentaire en chaque point de la lumière réfléchie ⁽¹⁾ . . .

⁽¹⁾ [*Note*. — Rappel des observations d'Young et des formules de

* (α) [*Note d'É. Verdet*. — Renvoi au Mémoire de Poisson sur
les fluides élastiques dans les tuyaux cylindriques, etc.]

Règle générale relative à la détermination de l'image pour la
quelle il faut *ajouter une demi-période d'interférence à la différence des*
chemins parcourus

L'opposition entre les effets des interférences qui produisent
des images explique pourquoi la *lumière ordinaire ne peut pas*
produire des *franges* comme la *lumière polarisée*

Ce qui vient d'être dit sur les *rhomboïdes accouplés* s'applique
à ceux qui sont *cristallisés d'une épaisseur quelconque*, etc.

XIX (F). NOTE SUR L'APPLICATION DU PRINCIPE DES INTERFÉRENCES.

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XX.

* RAPPORT FAIT À L'ACADÉMIE

le lundi 4 juin 1821

SUR UN MÉMOIRE DE M. FRESNEL RELATIF AUX COULEURS
DOUÉES DE LA DOUBLE RÉFRACTION.

Commissaires : MM. Ampère et Arago.

.....
Conclusions. — La Commission, s'abstenant
de se prononcer sur les *questions théoriques*
que l'important Mémoire d'Augustin
Recueil des Savants étrangers.....

POLÉMIQUE À L'OCCASION DES MÉMOIRES
RELATIFS À L'INFLUENCE DE LA
DANS L'ACTION QUE LES RAYONS LUMINEUX EXERCENT

XXI (A).

* REMARQUES DE M.

SUR UN RAPPORT

LU, LE 4 JUIN 1821, À L'ACADÉMIE

PAR MM. ARAGO ET AMPÈRE.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS

et

PARAGRAPHES.

XXI(A). Ces formules, moyennant quelques transformations, repr
5. celles de Fresnel, avec cette différence que ce qui résulte
dans les premières devient hypothétique dans les secondes

(¹) [*Note de Biot* sur l'application de l'expression $\sin^2 \pi \left(\frac{e-o}{\lambda} \right)$, qu
système de Fresnel, doit représenter les teintes des images qu
leur polarisation primitive dans les phénomènes des lames cri
— Elle conduit à une conséquence contraire à l'observation d
sur les *anneaux réfléchis* formés par une lumière homogène,
alternativement *lucides et noirs sans variations graduelles d'intens*

* (α) [*Note d'É. Verdet* qui contredit cette assertion.]

6. POLARISATION MOBILE. — Sa *définition*. — Biot déclare n'avoir
cette *théorie* que comme *représentation des phénomènes*. —
loin de savoir ce que c'est que *la lumière*, qu'on ne peut
longtemps se flatter d'y découvrir autre chose que des *lois*.

7. Développements qui rattachent cette théorie à celle de Newto
anneaux colorés. — Incertitude de quelques conséquences
sur la *prétendue homogénéité de la lumière rouge* employée par
et par Arago dans leurs expériences. — Réponse aux objec
Fresnel et des Commissaires contre le *partage progressif de l*
sensiblement homogène entre deux alternatives de polarisation, e

8. Réponse à l'objection fondée sur ce que les *lois de la polarisati*
ne concorderaient pas avec l'expérience, dans le cas où la
est transmise à travers deux lames de chaux sulfatée égale

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXI (B). * EXAMEN DES REMARQUES D

- 1-7. Réponses aux critiques de Biot sur la
délai écoulé entre sa production e
Fresnel, et sur la prétendue confu
plusieurs Notes subséquentes, etc.
8. Incertitude de ce principe, posé et rép
de lumière simple qui traverse une la
est polarisé tout entier, à sa sortie, c
l'azimut 2 i.
9. Réponse au reproche portant sur l'ord
vaux sont présentés par le Rapport
La *polarisation mobile* inconciliable ave
nel d'où il résulte que *les lames mi*
épais, partagent la lumière en deux fa
10. Examen de la longue Note destinée à p
moire de Fresnel ne représentent p
anneaux colorés ordinaires. — Sing
pour prouver l'identité de ses form

XXI (C). NOTE SUR LES REMARQUES DE B

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

ROS

PRES.

(C). dans le calcul des teintes produites par deux lames d'égale épaisseur croisées à 45 degrés

Sans disconvenir des secours que lui a fournis le travail de Biot, Fresnel fait observer que leurs formules diffèrent trop essentiellement pour que les secondes aient pu être déduites des premières. — Considérations sur la complication des hypothèses dans la théorie de Biot

I. NOTE SUR LE CALCUL DES TEINTES QUE LA POLARISATION DÉVELOPPE DANS LES LAMES CRISTALLISÉES.

Ces teintes sont déterminées par la différence de marche entre les deux systèmes d'ondes dans lesquels se divise la lumière en traversant un cristal biréfringent

Les *deux images* transmises par le rhomboïde que traverse la lumière émergente sont *complémentaires*; d'où il résulte que, pour l'une, la *différence de marche* entre les deux systèmes d'ondes doit être augmentée d'une *demi-ondulation*. — Règle à ce sujet

Figure explicative et développements

Cette règle, déduite des faits, explique pourquoi *deux faisceaux de lumière polarisés à angle droit restent sans influence apparente l'un sur l'autre, lorsqu'on les ramène à un plan commun de polarisation*

- XXII. Remarquable accord entre l'expression qu'on obtient pour l'image extraordinaire et celle qui donne la résultante de deux systèmes d'ondes réfléchies à la seconde surface de la lame d'air, $\frac{1}{2}(o - e)$, ce qui rend la différence des ordres de marche à $o - e$. — *Vitesse d'oscillation* à prendre au point de réflexion, il résulte des calculs du docteur Young et de la théorie de la lumière.
5. Conséquences à tirer des formules d'intensité de la lumière extraordinaire dans une lumière homogène. — La lame cristallisée fait un angle de 45 degrés avec le plan de polarisation, et que la section principale est parallèle à ce même plan.

II^e NOTE SUR LA COLORATION DES LAMES

6. Après avoir donné les formules générales des couleurs de la lumière cristallisée, l'auteur annonce qu'il va calculer la réunion de plusieurs lames.
- Lorsqu'on les superpose, en plaçant leurs sections principales dans la même direction, il n'en résulte qu'une seule couleur, comme dans le cas précédent.
- Si les sections d'une partie des lames étaient dans une autre direction que les autres, il n'y aurait également que deux couleurs. — Différence à prendre alors entre les deux ordres de marche provenant des existences de m.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

XXII.

seule lame. — La même marche de calcul appliquée à un nombre quelconque de lames superposées

9.

Avantages de cette théorie sur celle de la *polarisation mobile* qui vient si embarrassante quand on veut savoir *comment les axes des molécules lumineuses se renouent dans le passage à une autre*. — La théorie de Biot ne concorde avec les phénomènes que dans des cas très-particuliers. — Développement et application à ce sujet

CONSIDÉRATIONS MÉCANIQUES SUR LA POLARISATION DE LA LUMIÈRE

10.

Dès le mois de septembre 1816, Fresnel avait reconnu que les phénomènes de la polarisation s'expliqueraient très-simplement en supposant que *les mouvements oscillatoires des ondes polarisées ont lieu dans les plans mêmes de ces ondes*

De nouvelles méditations ont conduit l'auteur à penser que la *transversalité des vibrations* doit avoir lieu pour la lumière polarisée comme pour la lumière polarisée

11.

Considérations mécaniques sur ce genre de vibration, tirées de la conception de *trois files juxtaposées de molécules vibrant dans des plans d'un pendule*

On peut appliquer à ces *oscillations perpendiculaires aux plans de vibration* les mêmes raisonnements et les mêmes calculs qu'à celles d'un mouvement oscillatoire a été supposé s'exécuter suivant la direction

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXII.

la crainte de fournir de nouvelles armes aux
ondulations.]

D'après la nouvelle hypothèse sur la gé-
néres, un rayon émanant d'un seul
trouve toujours polarisé suivant un c
déterminé, ce qui conduit à conclure
consiste en ce que toutes les vibrati
s'exécutent suivant une seule direction;
serait la *succession rapide de systèmes d'ou*
directions, en sorte que la polarisation
ments transversaux suivant deux dire
riables, et séparerait les deux composa

14. Application à la *double réfraction*.

Un cristal à un axe peut être considéré comme
lequel la force accélératrice résultant de
molécules *perpendiculaire à l'axe* est la
direction. — Les déplacements dans
des forces plus intenses si le cristal est
est *attractif*.

Le mouvement oscillatoire des *rayons ordi*
lairement au plan mené par l'axe du c
ment à leur *plan de polarisation*, et le
rayons extraordinaires parallèlement au

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXII.

- Leurs *intensités* seront dont entre elles comme $\cos^2 i$ est à 1 conformément à la loi de Malus.
- Si la lumière incidente est *directe*, en appliquant aux divers s d'ondes dont elle se compose ce qui vient d'être dit d'un s est conduit à cette conséquence que les *rayons ordinaires* et *dinaires auront même intensité*.
15. On conçoit, d'après cette nouvelle idée sur les vibrations lum pourquoi des rayons *polarisés à angle droit* ne peuvent pl fluencer, c'est-à-dire *produisent toujours par leur réunion la intensité de lumière*. — De là se déduit également la règle rel calcul des teintes produites par les lames cristallisées.
16. L'auteur passe au calcul des formules d'intensité de la *lumière obliquement* sur les corps transparents.
17. La lumière directe incidente peut être décomposée en deux f d'égale intensité, polarisés, l'un suivant le plan de réflexion perpendiculairement à ce plan. — La formule générale n' été calculée que pour la réflexion du premier; mais on pe miner leur rapport d'intensité, et, connaissant la quantiti mière réfléchi du faisceau polarisé suivant le plan d'in on n'aura qu'à la multiplier par $\tan^2 s$ pour avoir l'autre réfléchi, s étant l'azimut du plan de polarisation du d'ondes réfléchi.
18. Le calcul de l'intensité de la lumière réfléchi sous une i quelconque, pour le rayon polarisé suivant le plan de r

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XXII. 21. *Tableau* des résultats de la vérification de
22. Calcul, à l'aide de ces formules, de la pr
par réflexion.

APPENDICE.

Extraits des minutes de calculs d'Aug
cherche des formules d'intensité des

XXIII. MÉMOIRE SUR LES COULEURS DANS LES FLUIDES HOMOGÈNES PAR présenté à l'Académie des sciences

1. Phénomènes remarqués pour la première fois par Fresnel, soupçonnant depuis longtemps l'existence de la *double réfraction* dans les cours, pour s'en assurer, aux phénomènes des *franges*.
2. *Première expérience.* Ayant serré deux prismes l'un sur l'autre de manière à former des anneaux colorés, et en plaçant les faces en contact la lumière d'une lampe à huile, on a obtenu la polarisation complète. — Les rayons arrivés au tube de 1^m,715 de longueur, rempli

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

ANALOGIES ET DIFFÉRENCES ENTRE LES PHÉNOMÈNES DE COLORATION DES LAMES CRISTALLISÉES ET CEUX DE L'ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE. — Effets comparés produits sur la nature et l'intensité des teintes, tant par la rotation du rhomboïde que par celles des lames et du tube renfermant le liquide.	6
La lumière polarisée modifiée par une double réflexion complète, dans un azimut de 45 degrés, et qui colore les lames cristallisées, ne se colore plus dans l'essence de térébenthine. — Même résultat qu'avec le cristal perpendiculaire à l'axe. — Elle ne produit qu'un système de franges avec l'appareil ci-dessus décrit	6
CONCLUSION. — La lumière ainsi modifiée n'éprouve qu'une seule réfraction dans l'essence de térébenthine	6
Deux expériences confirmatives. — La première, en faisant traverser à la lumière sortant du tube une lame mince cristallisée; — la seconde, en plaçant un tube rempli d'essence entre deux parallépipèdes où la lumière subit une réflexion complète. (Voyez N° XVI et N° XVII.)	6
Quand, au lieu de placer le parallépipède de verre à l'extrémité antérieure du tube, on le met du côté de l'œil, la lumière émergente offre les caractères d'un faisceau qui aurait traversé une lame mince parallèle à l'axe	6
Combinaison des effets d'une lame de cette espèce avec ceux de l'essence de térébenthine. — Effets inverses produits par l'essence de citron . . .	6
Les phénomènes de coloration de l'essence de térébenthine et des plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe peuvent être	

NUMEROS
et
PARAGRAPHE.
XXIII.

sée à celle des *anneaux réfléchis*, par la double réfraction, dans l'espace la même pour les rayons de divers — Selon la nature du fluide, la lumière de droite à gauche (suivant l'expression

En résumé, la lumière, à son entrée et sortie, reçoit la même modification par la *double réflexion complète*, et l'intérieur, la *double réfraction*

10. De cette hypothèse il résulte que les rayons ordinairement ou extraordinairement réfractés éprouvent toujours la même modification semblables qu'ils traversent successivement des azimuts de leurs axes

Figure explicative. — L'auteur, considérant un incident qui a été réfracté ordinairement et polarisé suivant OO' , répondant aux expressions algébriques des intensités : 1° des *deux systèmes d'ondes* en les considérant cette particule; — 2° des *quatre systèmes d'entrée* de la seconde particule; — 3° des *réfractés ordinairement* dans cette m

De ces expressions se déduit celle de la conclusion que les ondes provenant de la

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

particules du fluide conduit aux formules générales de l'intensité des vibrations lumineuses dans l'image ordinaire et dans l'image extraordinaire, lorsqu'on développe les couleurs par l'interposition d'un rhomboïde de spath calcaire, et elles s'appliquent, par un simple changement de signe, aux fluides qui ont leur *section principale à droite de leur plan d'entrée*, comme à ceux qui présentent la *disposition inverse*

De ces formules ressort immédiatement la loi remarquable de Biot :
L'angle dont il faut tourner la section principale du rhomboïde, pour faire disparaître la même espèce de rayons de l'image extraordinaire, est proportionnel au chemin parcouru dans le fluide

Cas dans lesquels la lumière (selon l'expression de Biot) *tourne de gauche à droite ou de droite à gauche*

Observations sur les effets produits par *deux fluides séparés*

Rappel et explication de deux phénomènes mentionnés au commencement du présent Mémoire. — 1° Lorsque la lumière polarisée a reçu dans un azimut de 45 degrés la modification que lui imprime la double réflexion complète, avant de traverser l'huile de térébenthine, elle n'y développe plus de couleurs ; ce qui résulte de ce que la lumière n'éprouve qu'une seule réfraction dans le liquide. — 2° Quand la double réflexion n'a lieu qu'après que la lumière a traversé le liquide, les teintes des deux images demeurent constantes, et ne varient que d'intensité

Examen de ce second cas. — *Figure explicative et formules des inten-*

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXIII.

la formule devient l'expression générale
lumineux dans l'image ordinaire pour le
dont l'axe est dans un azimut de 45
primitif de polarisation.....

15.

Questions relatives aux conditions à remp
produit par l'essence de térébenthine s
risée avec une lame cristallisée d'épais
nant le parallélipède de façon que le
soit parallèle au plan primitif de pola
duites de la formule.....

16.

Expériences qui ont paru confirmatives..
Considérations sur divers phénomènes que
benthine, et dont la formule générale
produite par l'auteur qu'avec quelque

* (α) [*Note de H. de Senarmont* sur la simplifi
par celle de la *polarisation circulaire*. Voyez

APPENDICE.

* [*Note de H. de Senarmont* sur le précédent M
de Biot insérée dans les *Mémoires de l'Acad*
et à un Mémoire du même, inséré aux *Com*

1° FRAGMENT SANS TI

Résumé de l'hypothèse sur la constitution

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

RÉSUMÉ D'UN MÉMOIRE SUR LA RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE,

lu à l'Académie des sciences le 15 novembre 1819.

- L'objet de ce Mémoire est la *recherche des causes mécaniques de la réflexion de la lumière*. Deux hypothèses : suivant la *première*, la réflexion résulterait de la plus grande densité de l'éther dans le corps réfléchissant; d'après la *seconde*, la lumière serait réfléchie par les particules mêmes de ce corps.....
- Solution de la difficulté résultant, pour la *seconde hypothèse*, de ce que les corps diaphanes ne réfléchissent pas la lumière dans toute leur épaisseur.....
- Observation d'Arago sur la nécessité d'admettre la réflexion de la lumière solaire par les particules de l'air, pour expliquer les lois de la *polarisation atmosphérique*.....
- Conséquences opposées des deux hypothèses quant à la *différence de marche* des rayons dans les *anneaux colorés transmis*.....
- Expérience pour trancher la question. L'auteur a fait interférer deux faisceaux émanés du même point, et dont l'un avait été réfléchi à la surface extérieure d'une glace noircie par derrière. Les deux faisceaux étaient ensuite ramenés à des directions presque parallèles par deux miroirs de verre noir. — Or les *franges produites par l'interférence* présentaient le même arrangement que les *anneaux réfléchis* sur une lame d'air comprise entre deux verres, avec une

XXV. MÉMOIRE SUR LA RÉFLEXION

présenté à l'Académie des sciences

* (α) [*Note préliminaire d'É. Verdet* sur
pour objet principal la *perte d'une demi*
tion de plusieurs phénomènes. — Renv

1. Rappel de la définition du *poli spéculaire*
rériences sur la relation entre le *poli*

Confirmation, par ces expériences, *du*
des interférences, qui suffisent à l'expl
de la *réfraction* et de la *réflexion*. —
des ondulations le *rapport d'intensité*
réfléchi sous différentes obliquités..

2. *Raccourcissement des ondes lumineuses d*
en est la cause? Est-ce l'effet d'une
qu'ils contiennent, ou l'effet de leur
à la fois?

3. Considérations mécaniques sur ces qu
changement de signe, de la *tache noire*

Explication donnée par le docteur Y

Cas où la *tache centrale* devient *blanche*.

Expérience confirmative d'Young, *g*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXV.

- d'un pouvoir réfléchissant supérieur, une *tache noire* apparaît au centre. — 2° Si le pouvoir réfléchissant de la lame mince est intermédiaire, la tache centrale sera *blanche*. — 3° Enfin, si le pouvoir réfléchissant de la lame surpasse celui des deux milieux qui la sépare, la tache sera *noire*
6. Les *anneaux transmis* sont *complémentaires* des *anneaux réfléchis* et neutralisent, suivant l'expérience d'Arago. — Cette expérience concorde avec l'hypothèse d'Young sur la formation des anneaux transmis. — Examen de divers cas
7. Pour faire concorder cette génération des *anneaux transmis* avec l'hypothèse de la réflexion produite par les particules matérielles du corps, il faut admettre que les ondes élémentaires ainsi réfléchies *changent d'un quart d'ondulation* dans la réflexion
8. Il y aura conséquemment une *différence d'une demi-ondulation* entre les *rayons incidents* et les *rayons réfléchis*, indépendamment de la différence des chemins parcourus. — Mais si, au lieu de réfléchir sur un corps dans le vide, ou en contact avec un autre milieu d'un pouvoir réfléchissant, on suppose le milieu supérieur plus réfringent, le retard d'un quart d'ondulation sera compensé par des circonstances contraires à celles de la première hypothèse, de sorte que, dans laquelle la réflexion résulterait uniquement de la différence de densité de l'éther dans les deux milieux. — On peut donc se prononcer entre les deux hypothèses d'après l'expérience.

* (α) [Note d'É. Verdet sur la question relative à la perte d'une des

a éprouvé plusieurs réflexions sur des *miroirs*
transparents réfléchissent la lumière de toutes les
 parties internes; exemple frappant offert par les
 Développements à ce sujet ⁽¹⁾.....

* (α) [*Note d'É. Verdet* sur l'hypothèse d'Arago relative aux *sphériques*.].....

⁽¹⁾ [*Note de l'auteur*. — De là semble découler une théorie
propres des corps plus satisfaisante que celle de Newton.]

10. Par cette théorie se trouve écartée l'objection
 contre le système des ondulations, objection fondée sur
 l'hypothèse de la plus grande densité de la lumière dans
 le verre. — Considérations analytiques à l'appui.
 La *double réfraction* est de tous les phénomènes
 le plus en évidence l'influence des particules
 de la lumière.....

11. *Double réfraction du verre courbé* déjà reconnu
nouvelle. — Détails de l'expérience. —
 émergente avec un rhomboïde de spath cristallin
 franges.....

L'auteur admet que l'axe de double réfraction est
résultant de la flexion; il appellera *rayons ordinaires*
 polarisés parallèlement aux faces courbes,
 ceux qui ont été polarisés dans un plan perpendiculaire.
 Le rapport de la vitesse de ces deux rayons est
 de vitesse deux fois plus considérable
 dans les seconds.....

12. Essais tentés pour déterminer la *dilatation* et la *contraction*
 des parallélipèdes de verre mis en expérience.

Des observations faites sur le *croisement de la lumière*
avec des lames cristallisées, il est résulté que la
 de la convexité était du genre des *cristaux*

XXVI. NOTE SUR LA DOUBLE RÉFRACTION DU VERRE COMPRIMÉ.

lue à l'Académie des sciences le 16 septembre 1822.

Brewster a, le premier, reconnu que la compression pouvait donner au verre la propriété de colorer la lumière polarisée, et en a fait, sans démonstration péremptoire, que le verre acquérait la structure des cristaux biréfringents.

Fresnel, dès 1819, avait constaté par des expériences précises que la lumière parcourt avec deux vitesses différentes le verre comprimé. — Restait à rendre évidente la *bifurcation* qui doit en résulter.

Expérience de l'effet de la compression sur un parallélipède composé de quatre prismes rectangulaires juxtaposés sur un plan par leurs arêtes longitudinales, et achromatisés par des prismes intermédiaires (voyez la *figure*), le tout collé avec de la résine de sence de térébenthine, etc. — Les prismes intercalaires, étant courts, échappaient à la compression exercée par un étau dans le sens des arêtes. — On a obtenu avec cet appareil des *doublets* dont l'écartement était de un millimètre et demi à un centimètre, à une distance.

D'après les idées de l'auteur sur les causes mécaniques de la double réfraction, on doit reproduire les phénomènes des *cristaux uniaxes*, en comprimant le verre suivant *une direction*, et ceux des *cristaux biaxes* à deux axes, en le comprimant suivant deux directions principales.

Expérience projetée avec une pile du même genre formée de *plaque de cristal de roche* achromatisés par des prismes de crown-glass, pour étudier la double réfraction des rayons qui traversent le verre comprimé suivant l'axe de cristallisation. — Prévisions de l'auteur sur les caractères que devront présenter les deux images ainsi ob-

XXVII. EXTRAIT D'UN MÉMOIRE SUR LA DOUBLURE
QUE PRÉSENTE LE CRISTAL DE ROCHE D.

Rappel de la Note précédente, où le
prévu et décrit (p. 718), ainsi que
touche la modification que subit un
une double réflexion totale dans l'i
verre, sous une incidence de 54° de
incliné de 45° degrés sur le plan pr

La lumière ainsi modifiée peut être
de deux faisceaux polarisés à ang
marche, *d'un quart d'ondulation*. . .

Les calculs basés sur cette définition
rayons polarisés ont conduit à plu
notamment au suivant : Si l'on
entre deux parallélipèdes de verre
desquels la lumière, préalablement polar
sous l'angle de $54^\circ \frac{1}{2}$, d'abord avant
perpendiculaire aux rayons), ensuite
la lame est tournée de telle sorte que
les deux plans de double réflexion, c
optiques des plaques de cristal de roc
liquides qui colorent la lumière polaris

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

MÉROS
et
GRAPHES.

VII. *risée* ou *directe* présentent exactement les mêmes caractères que la *lumière polarisée modifiée par deux réflexions complètes*. — Expériences diverses

En résumé, les propriétés optiques des deux faisceaux sont *pareilles* mais en sens inverse

Le rayon ainsi modifié ne présente aucune différence entre ses réflexions ou ses réfractions, de quelque côté qu'on le tourne. — De là le nom de POLARISATION CIRCULAIRE de gauche à droite ou de droite à gauche donné à cette nouvelle modification de la lumière. — Le nom de POLARISATION RECTILIGNE désignera celle que présente le spath d'Islande, et que Malus a produite par la simple réflexion sur les corps transparents

Ces dénominations découlent encore plus naturellement de l'hypothèse du N° XXII, § 10, sur la nature des vibrations lumineuses.

Développements relatifs aux rotations *hélicoïdes* résultant de deux systèmes d'ondes d'égale intensité *polarisés rectangulairement*, et différant conséquemment, dans leur marche, d'un quart d'ondulation. — De là l'idée exacte du genre de vibration qui constitue la *polarisation circulaire*

Indépendamment de toute hypothèse sur la nature des vibrations, il résulte des faits et des lois de l'interférence des rayons polarisés : —

1° que chacun des deux faisceaux séparés par la double réfraction qui s'exerce le long de l'axe du cristal de roche peut être considéré comme composé de deux systèmes d'ondes polarisés à angle droit et distants d'un quart d'ondulation, le plan de polarisation de

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXVII.

fèrent point encore dans leur marche
tal, ils produisent, s'il est taillé en
d'égale intensité; et si c'est une lame
seront pas séparés, mais l'un sera d'une
quantité croissant proportionnellement
De là une *déviatiou angulaire* dans la
lumière complexe émergente, déviatiou
gauche ou de gauche à droite.....

Observations sur la marche, dans ces
colorés dont se compose la *lumière blanche*
réfraction paraît être inverse de celle de
Accord des conséquences de cette loi
de Biot.....

Rapprochement entre la théorie de la lumière
applicable aux *liquides* dans lesquels on observe
couleurs.....

LA POLARISATION CIRCULAIRE est produite
à ceux par lesquels on produit la lumière
premier consiste dans une *combinaison*
division de la lumière directe en deux
double réfraction particulière.....

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXVIII.

suivant un plan incliné de 45 degrés sur le plan primitif de polarisation.

La lumière émergente paraît *complètement dépolarisée*, mais elle n'est pas de la *lumière ordinaire*; car si, après l'avoir fait passer à travers une lame mince cristallisée, on l'analyse avec un rhomboïde de spath calcaire, on voit, au lieu de deux images blanches, deux *images vivement colorées*, dont les teintes diffèrent de celles qui se développent quand la lumière simplement polarisée est analysée.

Autre différence, résultant de ce que la lumière ainsi modifiée ne présente pas tous les caractères de la polarisation parfaite, quand elle est soumise à éprouver deux réflexions totales, sous l'incidence de 45 degrés, dans un parallépipède de verre.

Cette même lumière peut être considérée comme composée de deux *faisceaux* suivant la même route, mais *polarisés dans des directions perpendiculaires*, et *différant dans leur marche d'un quart d'onde*.

Cette définition, introduite dans les formules relatives aux couleurs ordinaires de la coloration des lames cristallisées, a conduit à des lois des teintes que présentent ces lames traversées par une lumière ainsi polarisée, et à plusieurs théorèmes curieux, notamment celui-ci : *On imite les phénomènes de coloration des lames cristallines de roche perpendiculaires à l'axe et de certains liquides homogènes en plaçant une lame mince de cristal de roche parallèle à l'axe d'un parallépipède de verre, dans lesquels la lumière polarisée subit la modification dont il s'agit, avant son entrée dans la lame cristalline.*

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXVIII.

ment à leur axe. — *Deux moyens de pr
velle*, analogues à ceux qu'on emploie p

Description de l'appareil employé pour ob
la séparation de la lumière en *deux fais*

- 5-6. Un procédé analogue pourrait rendre évi
liquides ayant les propriétés optiques
roche perpendiculaires à l'axe, tels qu
l'essence de citron, qui font tourner le p
contraires. — Indications sur la disposi

Vérification, à l'aide de l'appareil ci-des
conséquences des formules du Mémoire
double réfraction dont il s'agit s'est t
les diverses espèces de rayons, et bea
rouges que pour les *violets*

Dispersion très-grande relativement à la dou
être appelée *dispersion de double réfract*
cherches à faire à ce sujet.

7. Si l'on fait traverser aux deux faisceaux é
de cristal parallèlement à l'axe, chaqu
même réfraction que dans le premier p
sont de même espèce, et la réfraction c
opposées; mais, quel que soit le nomb
jamais que *deux images* du même objet.

Les deux faisceaux se comportent d'ailleurs

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

UMÉROS
et
GRAPHES.

- XVIII. Le *faisceau polarisé circulairement*, ainsi qu'il a été dit, peut être considéré comme composé de *deux faisceaux d'égale intensité et différant dans leur marche, d'un quart d'ondulation*. — La polarisation est dite *de gauche à droite* ou *de droite à gauche*, selon la disposition des plans de polarisation
- La polarisation est *rectiligne* quand la différence de marche des deux faisceaux composants est d'un *nombre entier de demi-ondulations*. — Position du plan de polarisation du *faisceau composé*, selon les rapports d'intensité des deux faisceaux composants
- Polarisation d'un genre intermédiaire quand la différence de marche entre les deux faisceaux (supposés d'*égale intensité*) est un *nombre fractionnaire de quarts d'ondulation*.
- Mêmes effets intermédiaires obtenus en faisant varier les *intensités relatives des deux faisceaux constituants*, ou l'angle que leurs plans de polarisation font entre eux
- On a supposé jusqu'ici la *différence de marche* entre les deux faisceaux polarisés à angle droit *proportionnelle à la longueur d'ondulation*, pour l'espèce de rayons que l'on considérerait. — Mais il y a, à cet égard, pour les rayons de diverses espèces, de très-grandes différences dans la double réfraction des *lames cristallisées*, et de là les beaux *phénomènes de coloration* découverts par Arago
- Comment on pourrait, au moyen d'une lame de cette espèce, imprimer à des rayons lumineux un mode de polarisation *unique*.
- Phénomènes de coloration des plaques de cristal de roche parallèles à l'axe.

NUMEROS
et
PARAGRAPHES.

XXVIII. Observations sur l'énoncé donné par
couvert

Cette double réfraction est très-différente
en sorte que les déviations des plans
la raison inverse des longueurs d'onde
déduite par Biot d'expériences faites dans une
mière homogène

A ces déviations inégales des plans de
verses couleurs sont dus les phénomènes
de cristal de roche perpendiculaires à l'axe optique. — Effets produits par la lumière
ment. — Elle n'éprouve aucune déviation dans
dans l'huile de térébenthine, et en conséquence
— Conséquences de ce principe.

XXIX (A). EXTRAIT D'UN MÉMOIRE SUR LA LOI
À LA LUMIÈRE POLARISÉE PAR
L'INTÉRIEUR DES CORPS TRANSPARENTS

Considérations préliminaires. — La lumière
les phénomènes d'optique les plus importants
pour lesquels on est arrivé le plus tôt à l'explication
la lumière

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

ES.		
(A)	La loi des variations de cette différence de marche ainsi que des intensités, selon l'incidence des rayons et le rapport de réfraction des deux milieux, a été récemment découverte par l'auteur.	7
	Principes et hypothèses sur lesquels a été basé le calcul des formules.	7
	Examen des deux cas où les rayons sont polarisés parallèlement et perpendiculairement au plan de réflexion. — Expression algébrique du coefficient de la vitesse pour ces deux cas. — Expression de l'intensité de la lumière réfléchie, lorsque les rayons n'ont éprouvé aucune polarisation préalable.	7
	L'auteur passe à l'objet principal de son Mémoire, qui est la loi des modifications que la réflexion totale imprime à la lumière polarisée. — Formules des intensités des ondes réfléchies, pour le cas où la réflexion a lieu dans l'intérieur d'un corps transparent situé dans le vide ou dans l'air, ou en contact avec un milieu moins réfringent que lui. — Cas où la formule devient en partie imaginaire. — Interprétation.	7
	Formule pour le calcul de la différence de marche, après la réflexion totale, entre deux faisceaux polarisés, l'un parallèlement, l'autre perpendiculairement au plan d'incidence.	7
	Effets divers produits selon le sens dans lequel la lumière incidente est polarisée relativement au plan de réflexion. — Des intensités relatives, et de la différence de marche des deux systèmes d'ondes réfléchies, se déduisent les intensités des images ordinaire et extraordinaire que la lumière totale produira en traversant un	

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXIX (A). lumière polarisée par réflexion et par
incidence n'a reçu aucune polarisation
modifications que la réflexion totale imprime
toutes les inclinaisons et pour tous
de polarisation.....

XXIX (B). NOTE SUR LA POLARISATION

Rappel de la Note sur la *double réfraction*
à la fin de laquelle ont été annoncés
les caractères de la double réfraction du cristal
son axe, ainsi que de l'Extrait (N° XXIX)

Caractères qui distinguent la polarisation
rectiligne

Comment l'auteur est arrivé à en calculer

Analyse sommaire du Mémoire N° XXX
que la réflexion imprime à la lumière

XXX. MÉMOIRE SUR LA LOI DES MODIFICATIONS
À LA LUMIÈRE POLARISÉE

lu à l'Académie des sciences le

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XXX. 3. Les tranches contiguës de deux milieux différents doivent parallèlement à la surface qui les sépare, des oscillations amplitude; conséquemment les vitesses absolues des voisines de la surface réfringentes, parallèlement à cette doivent être égales dans les deux milieux. — De là il re supposant cette surface horizontale) que la composante tale de la vitesse absolue apportée par l'onde incidente, la composante horizontale de la vitesse absolue imprimée p réfléchie (prise avec le signe qui lui convient), doit être la composante horizontale de la vitesse absolue des mol second milieu dans l'onde transmise. — On admet d'ail cette égalité se maintient à toute distance de la surface.
4. *Figure* explicative de la marche de l'onde incidente et de fractée.
- Le principe de la *conservation des forces vives* conduit à un qui établit la relation entre les angles d'incidence et de r et les coefficients des vitesses absolues de l'onde réfléc l'onde réfractée, celui de l'onde incidente étant pris pour
5. De cette expression se déduit celle de la *vitesse absolue de fléchie*, pour le premier cas où l'onde incidente est pola vant le plan d'incidence [1].
6. Même calcul pour le cas où l'onde incidente est polarisée culairement au plan d'incidence [2].
- L'expression devient nulle lorsque le rayon réfracté est pe

NUMEROS
et
PARAGRAPHERS.

XXX. 8. Expression de cette intensité pour la
polarisée. — Accord de la formule

9-10. Les deux formules [1] et [2] ont été
torze observations sur les déviations
faisceau primitivement polarisé dans
tivement au plan d'incidence, lors
surface extérieure du verre ou de l'
Calcul des formules relatives à ces
jetées.....

11. Formules pour calculer la *proportion de*
de la lumière ordinaire sur un corps trans-
risée par transmission sera égale à

12. Considérations sur les circonstances
rieure dépolairise, en totalité ou en
dans un azimut de 45 degrés rela
et sur les *différences de marche*, ou
l'on devrait admettre d'après les r
polarisés.....

L'auteur a cru pouvoir prendre pour b
à ce sujet les formules [1] et [2].

13. Ces formules conservent la forme rée
comprises entre 0° et 90°, tant qu
fringent que le premier; mais qua
imaginaires. — Transformation de

TABLE ANALYTIQUE DU TOME I.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXX.

- composantes horizontales des ondes incidentes et réfléchies. — Ce qui est plus simple, pour le cas dont il s'agit, on change le signe de v , en convenant que les vitesses absolues dans les ondes incidentes et réfléchies porteront le même signe quand elles seront les molécules de la surface du même côté, et des signes contraires lorsque l'une les poussera en dedans du premier milieu, l'autre en dedans du second (α).....
- * (α) [*Note. — Commentaire d'É. Verdet. — Il relève une inexactitude mise par Fresnel, après Young, dans l'application de la règle relative à la perte d'une demi-longueur d'ondulation.*].....
- v changeant de signe dans le cas où les rayons incidents sont réfléchis perpendiculairement au plan de réflexion, l'expression trouvée pour le cosinus de l'arc mesurant la *différence de marche* en v change aussi, ce qui conduit à la formule [C].....
19. Vérification de cette formule aux deux limites de la *réflexion totale* et pour l'incidence de 50 degrés.....
20. Confirmation d'après les résultats d'anciennes observations, et d'après de l'angle d'incidence qui donne le maximum de *dépolarisation partielle* produite par une seule réflexion intérieure du verre de Saint-Gobain.....
- 21-23. Cinq expériences nouvelles pour la vérification de la formule appliquée aux *incidences intermédiaires*, expériences dans lesquelles on a fait en sorte d'arriver à la *dépolarisation complète* par la réflexion sur des *lames minces*. — On a fait en sorte d'arriver à la *dépolarisation complète* par la réflexion sur des *lames minces*.....

mis hors de doute l'exactitude
formules [1] et [2] comme ne repr
dans certains cas.]

26. Résultats de calculs d'interférence
tion que la réflexion complète im

TABLE ANALYTIQUE

DU TOME II.

THÉORIE DE LA LUMIÈRE.

TROISIÈME SECTION.

EXPOSITION SYSTÉMATIQUE

DE LA THÉORIE DES ONDULATIONS, ET CONTROVERSE.

IMÉDOS
et
GRAPHES.

XXI.

DE LA LUMIÈRE.

[Extrait du *Supplément* à la traduction française de la *Chimie* de Thomson. 182

2. Deux systèmes sur la lumière : l'ÉMISSION et les ONDULATIONS ; le premier, adopté par Newton et son école ; le second, par Descartes, Huyghens, Euler et le docteur Young. — Probabilités en faveur du second système. — Découvertes auxquelles il a conduit le docteur Young. — Elles ne pouvaient être ni prévues ni expliquées da

intérieures de l'ombre d'un fil, par l'apposition des
côtés

8. *Influence mutuelle des rayons lumineux* prouvée en faisant passer la lumière par deux fentes rapprochées, ou par deux fentes par deux miroirs légèrement inclinés entre eux d'un même point lumineux.

9. Emploi d'une lentille à très-court foyer pour obtenir des franges nettes à l'aide de la lumière solaire réfléchie par un *héliostat* pour obtenir la fixité de la position

10-11. Avantages d'une *loupe* pour l'observation des franges.

12-13. Expérience des *deux miroirs* [de Fresnel]. — On obtient des franges bien apparentes. — Elles sont produites par la lumière d'une *lumière homogène*. — On démontre de manière convaincante que, dans certains cas, la lumière produite est *de l'obscurité*. — La suppression des franges, en faisant disparaître les franges, démontre l'action mutuelle des rayons.

14. *Loi de l'influence mutuelle des rayons lumineux* : la frange centrale répond à des chemins parcourus égaux, la différence des chemins parcourus par les rayons au milieu de la bande brillante suivante est égale à $2d$, $3d$, $4d$, $5d$, etc. et les maxima sont à des différences égales à $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$, etc.

Affaiblissement graduel des *franges*, à mesure qu'elles s'éloignent de la frange centrale occasionné par l'hétérogénéité des rayons

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

<p>NUMÉROS et GRAPHES.</p>	
<p>XI.</p>	<p>Relations servant à déterminer pour divers cas la <i>largeur des franges</i> qui est toujours proportionnelle à <i>d</i>.....</p>
<p>-18.</p>	<p><i>Courbure de la trajectoire des franges extérieures</i> de l'ombre d'un corps opaque</p>
<p>.</p>	<p>Cette <i>marche curviligne</i> est inexplicable dans le système de l'<i>émission</i> .</p>
<p>.</p>	<p>Les <i>franges extérieures</i>, considérées d'abord par Young et par Fresnel comme produites par le concours des <i>rayons directs</i> et des <i>rayons</i> <i>réfléchis sur le bord de l'écran</i>, résultent, d'après de nouvelles expé- riences, des <i>déviation</i>s qui ont lieu jusqu'à des <i>distances très-sensibles</i></p>
<p>.</p>	<p>Les <i>phénomènes de la diffraction</i> sont donc inexplicables dans le système de l'<i>émission</i>.....</p>
<p>.</p>	<p>Expérience de la fente ménagée entre deux lames d'acier dont le <i>bords, ronds et tranchants</i> sur une moitié de la hauteur, sont oppo- sés d'une manière inverse, sans qu'il en résulte d'inflexion dans les <i>franges</i></p>
<p>.</p>	<p>Autre expérience confirmative : Une fente pratiquée dans une <i>feuille</i> <i>de papier</i> a produit la même déviation du faisceau lumineux qu' deux <i>cylindres de cuivre</i> séparés par un intervalle égal à la largeur de cette fente.....</p>
<p>.</p>	<p>La <i>théorie des ondulations</i> fournit les moyens de calculer tous les phé- nomènes de la <i>diffraction</i>. (Voyez à ce sujet le Mémoire N° XIV. — Phénomène d'<i>interférence à la surface de l'eau</i>. — Points d'accor- et de discordance des ondes.....</p>
<p>.</p>	<p>Analogie entre les effets mécaniques d'espèces d'ondes d'ailleurs très</p>

XXXI. La *longueur d d'une ondulation* dépend
dans le fluide et de la durée de
vibrant.

L'*intensité de la lumière* dépend de l'in
— Sa *nature* ou la sensation de
la durée de chaque oscillation, ou
lui est proportionnelle. — La *se*
a pour mesure le carré de la vites
plié par la densité du fluide, et
carré de la distance au point lu
somme des *forces vives* comprises
quantité totale de la lumière ⁽¹⁾ . .

⁽¹⁾ [Note. — Celle qui disparaît comme

27. Prodigueuse rapidité des vibrations h
dulations de *lumière jaune* produ
conde. — Analyse des effets d'i
d'égale intensité, marchant dans
leur marche, d'une *demi-ondulation*
Alternatives d'obscurité complète
période après laquelle les mêmes
la *longueur de l'ondulation*.

28. *Longueur d'ondulation* très-différente
de rayons colorés du spectre sol
doivent se produire une foule d

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

ROS

PHES.

I. *Les rayons lumineux pour interférer doivent provenir d'une source commune.*

— Explications à ce sujet.....

On a supposé jusqu'ici les *deux systèmes d'ondes marchant dans la même direction*, seul cas dans lequel il puisse y avoir destruction complète du mouvement. (Ex. phénomènes des *anneaux colorés* et de la *coloration des lames cristallisées*.) — Cependant, lorsque les angles sont très-petits, la résultante est presque égale à leur somme, comme dans les phénomènes de *diffraction* ou dans l'expérience des *deux miroirs*.....

Analyse de l'expérience des *deux miroirs*. — *Figure* explicative. — La *largeur d'une frange* est égale à la longueur d'ondulation multipliée par la distance des images au plan dans lequel on mesure les franges, et divisée par l'intervalle entre ces deux images.....

Nécessité de placer les deux miroirs presque dans le même plan pour obtenir des franges d'une largeur un peu sensible.....

Analogie de ce cas avec celui où les rayons interférents sont transmis par *deux fentes très-fines de l'écran*.....

La même formule, applicable aux bandes obscures et brillantes d'un *corps étroit*.....

34. Nécessité d'employer un *point lumineux* dans les expériences de *diffraction*.....

Pour achever d'établir les bases de la *théorie des ondulations*, l'auteur rappelle et discute le *principe d'Huyghens* sur les vibrations d'une onde lumineuse. — *Figure* explicative.....

- l'écran au micromètre. — Nombreux confirmatives de cette théorie
38. Cas d'un *écran* assez *étroit* pour que l'intensité droite et de gauche produise des effets. — Formule résultant des calculs précédents applicable. — Application de la méthode aux *ouvertures étroites*
39. Influence des bords de l'écran. — Influence de l'épaisseur dans le calcul des franges limites
40. Il suffit, lorsque les *bords de l'écran* ouverts sont étendus, de prendre dans le sens perpendiculaire quée par la formule. — Mais si l'écran n'est étendu en tous sens, il faut intégrer. — Calcul de Poisson pour l'*écran circulaire* et le *point brillant* dans son milieu. — Expression pour une *petite ouverture circulaire*, le cas de la projection, un *point* alternativement et la distance à laquelle elle est prise
41. La même théorie et les mêmes calculs pour les surfaces de diffraction que présentent les *infinies surfaces rayées*, ou vues à travers un *anneau coloré* produits par un assemblage de *déliés* ou d'*atomes légers*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

DES ANNEAUX COLORÉS.

Phénomène d'interférence produit en pressant l'un contre l'autre deux verres, dont l'un est légèrement convexe. — Considérations préalables sur la propagation des ébranlements dans deux milieux de densités différentes. — Exemple tiré du choc de deux billes d'ivoire. — *Changement de signe de la vitesse d'oscillation*, selon que l'onde lumineuse est réfléchie en dedans ou en dehors du corps le plus dense

Application de ce principe au cas où l'on observe sous l'incidence *perpendiculaire* la lumière réfléchie entre les deux verres. — Si l'on prend pour *unité* le quart de la longueur d'une ondulation lumineuse dans l'air, on trouvera, pour les épaisseurs de la lame d'air répondant aux *maxima* et aux *minima* de la lumière réfléchie :

Anneaux *obscur*s 0, 2, 4, 6, 8, 10, etc.

Anneaux *brillants* 1, 3, 5, 7, 9, 11, etc.

Cette *unité de longueur* répond à ce que Newton appelle les *accès* des molécules lumineuses, ainsi que Young l'a remarqué le premier..

D'après l'expérience précitée (§ 42) d'Arago, lorsqu'on substitue l'eau à l'air entre les deux verres, les épaisseurs des deux lames réfléchissant les mêmes anneaux doivent être dans le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction pour le passage de la lumière de l'air dans l'eau, ainsi que Newton l'avait reconnu

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXI. Expérience confirmative d'où il résulte c

51. lorsque la surface réfléchissante devien

(1) [Note présentant divers développements à

52. De ces considérations se déduisent les co
Il doit être très-beau lorsque les aspé
tième d'ondulation lumineuse

53. Le *poli spéculaire* n'est pas le même pour
la lumière blanche. — Expérience d'
dont on fait varier l'inclinaison sur le

54. Application, à la *réfraction*, des mêmes c
— *Figure* explicative. — Les vibratio
manifester dans le second milieu que
un angle de réfraction tel, que son s
d'incidence comme la longueur d'ond
est à la longueur d'ondulation dans le

Loi différente pour les milieux où la vite
la direction des rayons.

Accord de la loi de la réfraction ordinai
qui démontre que les longueurs d'on
deux milieux différents sont entre e
dence et de réfraction pour le passag
lieux dans l'autre.

55. De ces principes découlent les lois plus

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

- Analyse des effets produits par l'interposition d'un second cristal. —
 Il en résulte que les deux faisceaux produits par la double réfraction n'ont pas les mêmes propriétés optiques tout autour de leur direction. — Modification appelée *POLARISATION* par Malus, d'après une hypothèse de Newton
- Au lieu d'admettre que les molécules lumineuses aient des *pôles*, on peut expliquer ce phénomène, en supposant dans les oscillations lumineuses de l'éther des *mouvements transversaux*
- Polarisation produite par la réflexion sur un corps transparent.* — La lumière réfléchie sous un angle de 35 degrés par une glace sans tain se comporte comme le *faisceau ordinaire* sorti d'un rhomboïde ayant sa section principale dirigée dans le plan de réflexion. — Le *rayon réfléchi* est dit *polarisé dans le plan* de réflexion. — Le *rayon ordinaire* sorti du rhomboïde de spath calcaire est dit *polarisé dans le plan de la section principale*, et le *rayon extraordinaire* est polarisé dans une *direction perpendiculaire*.
- Loi de Brewster* sur l'incidence qui produit par réflexion la *polarisation complète*.
- Polarisation complète ou partielle* produite par divers corps
- Polarisation par réfraction*, découverte par Malus, rendue *complète* par l'emploi d'un plus ou moins grand nombre de *plaques*. — *Loi d'Arago* généralisée.
- Phénomènes singuliers que présente la lumière polarisée lorsqu'on

XXXI. présentées par $\cos^2 i$ multipliant leur
unité.

66. Vérification sur le *spath calcaire* : co
l'image ordinaire, $\sin^2 i$ sera l'intensi
Les résultats de cette formule conco

67. Les *intensités de lumière* étant représenté
d'oscillation le seront par $\cos i$ et $\sin i$
tion du *faisceau polarisé primitif* en c
comme si les *mouvements oscillatoires*
rayons, s'exécutaient suivant une dir
lement ou *perpendiculairement au plan*

68. Les *rayons polarisés à angle droit* sont s
duisent pas de franges. — Trois exp
citées à l'appui de ce principe . . .

69-70. Deux *rayons polarisés rectangulairement* n
mutuelle lorsqu'on les ramène à un p
faut pour la production des franges
un même plan avant la division. —
donner, pour cet effet, au plan prin

71-72. L'appareil des deux *miroirs* préférable
pour diviser la lumière en deux fais
angle. — Détail de nouvelles expér
interférence des rayons polarisés da

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

COLORATION DES LAMES CRISTALLISÉES.

- Circonstances dans lesquelles un rayon de *lumière polarisée* traversant un *rhomboïde de spath calcaire* produit, par l'interposition d'une lame cristallisée, *deux images colorées de teintes complémentaires*. 1
- Phénomène signalé par Arago et longuement étudié par Biot, Young et Brewster. — Analogie reconnue par Biot entre ce phénomène et celui des *anneaux colorés*. 1
- Young s'est borné à démontrer que la coloration résultait de l'*interférence des ondes ordinaires avec les ondes extraordinaires*. — L'auteur a expliqué les diverses circonstances du phénomène et donné les formules générales de ses lois. [Voyez N° XV (B) et N° XVII.] . . .
- Exposition de cette théorie en supposant, pour plus de simplicité, la *lumière homogène*. — Analyse des effets produits par un *faisceau lumineux polarisé par réflexion*, traversant *deux rhomboïdes accouplés d'égale épaisseur*, ayant leurs sections principales disposées rectangulairement, et en même temps inclinées de 45 degrés sur le plan de réflexion. — Franges produites à l'aide d'un *troisième rhomboïde*, ou d'une *pile de glaces*, pour ramener les faisceaux à un même plan de polarisation. — Effets divers d'*interférence des deux faisceaux*. — Cas dans lesquels leur *réunion* produit une *lumière polarisée complètement* ⁽¹⁾, suivant le plan primitif de polarisation, ou suivant l'azimut α , ou *complètement dépolarisée*. — *Polarisation partielle* dans les cas intermédiaires. — Observations sur l'emploi de la loupe pour ces expériences.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

- XXXI. Tous les phénomènes de coloration des l
84. être expliqués et même prévus par le calcul
des rayons polarisés. — Images complètes
différence de marche d'une demi-ondula
85. Règle générale au sujet de l'addition d'une c
explicative.....
86. Cette règle, déduite des expériences de Bio
faisceaux de lumière directe qui ont été
présentent aucune apparence d'influenc
ramène à un point commun de polarisat
- La lumière directe peut être conçue comme l'a*
rapide d'une infinité de systèmes d'ondes pol
- Calcul des formules générales de l'intensité de*
homogène dans les *images ordinaires* et e
de la différence des chemins parcourus o
ont traversé la lame cristallisée. — Dé
Application de la formule empirique de
les *teintes des images*.....
87. Détermination, par les formules d'intensité,
deviennent blanches, et de celui où *leur col*
de vivacité.....
- Les *teintes de l'image extraordinaire* doivent être
anneaux réfléchis, ainsi que les observati
montré.....

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

ou plutôt la succession rapide d'une infinité d'ondes polarisées dans toutes sortes de directions, et l'acte de la polarisation se réduit à une décomposition des mouvements préexistants suivant deux directions rectangulaires invariables. 1

Propriétés particulières que présente un faisceau polarisé lorsqu'il est divisé en deux systèmes d'ondes d'égale intensité, polarisés suivant des directions rectangulaires, et séparés par un intervalle d'un quart d'ondulation. — Renvoi au Mémoire N° XVI. 1

MODIFICATION QUE LA RÉFLEXION IMPRIME À LA LUMIÈRE POLARISÉE.

L'auteur a trouvé que la double réflexion complète, dans l'intérieur du verre, sous une inclinaison d'environ 50 degrés, comptés de la normale à la surface, faisait éprouver ce genre de modification à la lumière incidente, lorsque celle-ci avait été primitivement polarisée dans un azimut de 45 degrés relativement au plan de réflexion. — Analogies et différences entre la lumière polarisée et la lumière ainsi modifiée. — Deux réflexions complètes lui rendent les propriétés de la lumière polarisée ordinaire; puis de nouvelles réflexions la ramènent à l'état exceptionnel, et ainsi de suite. — Teintes particulières qu'elle développe dans les lames cristallisées 1

Modifications imprimées à la lumière polarisée par la réflexion partielle à la surface des corps transparents; elle ne produit qu'une simple déviation du plan de polarisation. — Loi de ces déviations. — Formule. — Bannet du Post-scriptum inséré au tome I. p. 646.

OEUVRES D'AUGUSTE

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XXXI.

Post - scriptum

ACTION CHIMIQUE D

Dans le système des ondulations ,
miques de la lumière comme résu
molécules, mais de vibrations de
(voyez p. 141) a été confirmée p
Exposé de l'expérience dans laque
miroirs ont été projetées sur du
paré, où ont apparu des *lignes*
par des *intervalles blancs*.....
Expérience plus concluante que ce
anneaux colorés
Précautions à prendre pour répéter
PLANCHE-APPENDICE. — Interférence
rouge.....

XXXII. NOTE SUR LES ACCÈS DE FACIL

TRANSMISSION DES MOLÉ

DANS LE SYSTÈME D

lue à la Société philomathiqu

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

SECONDE PARTIE.

La discussion engagée dans la séance précédente se trouve limitée par Poisson à la troisième hypothèse. — Mais comme la *réfraction* doit varier avec le degré d'accès de la molécule lumineuse, il faudrait admettre une autre disposition physique qui rendrait l'*attraction constante pour tous les degrés d'accès*. — Mais comment se changerait-elle ensuite en *régulière*? — Les hypothèses ainsi multipliées deviennent inadmissibles, etc. — *Conditions de probabilité* des divers systèmes en chimie et en physique.

Comme exemple de la supériorité de la *théorie des ondulations*, l'auteur cite les rapports signalés par Biot entre les phénomènes de *coloration des lames cristallisées* et les *anneaux colorés*. — Ce savant n'avait pu les indiquer qu'incomplètement, tandis que, à l'aide du *principe des interférences*, Young a découvert aisément des rapports plus intimes entre les deux phénomènes, etc.

Autre exemple, tiré de la découverte des *lois générales de la diffraction*. — Elles sont représentées par une *fonction transcendante* déduite de considérations théoriques, et qui ne comprend qu'une seule constante arbitraire, la longueur d'ondulation. — Elle n'a ainsi rien de commun avec ces *formules empiriques* où l'on introduit assez de constantes arbitraires pour les faire cadrer avec les faits.

Le *principe des interférences* et, plus généralement, celui de la *superposition des petits mouvements*, qui ont conduit l'auteur à expliquer, pour les cas les plus généraux, les *lois de la réflexion* et de la ré-

XXXIII. QUELQUES OBSERVATIONS SUR
DE NEWTON CONTRE LE SYSTÈME
ET SUR LES DIFFICULTÉS QUE PRÉSENTE[Extrait de la *Bibliothèque univ.* de

1. *Objection la plus spécieuse*, fondée sur le fait que la lumière ne se réfléchit pas, comme le son, derrière l'écran, et d'autant plus étonnante, qu'elle avait été signalée par Grimaldi et avait été expliquée par le système circulaire, dont l'ombre présente des franges.
 2. *Ondes lumineuses* produites par les interférences ou discordances. — Principe des interférences, découvert par le physicien Young.....
 3. Application de ce principe au cas d'un écran qui les intercepte et à l'analyse des effets produits par un point lumineux étant supposé sans épaisseur, pour les calculs d'intensité. — *Annales de chimie* (N° XIV, § 68).
 4. Rapide décroissement de la lumière pour les rayons jaunes.....
 5. On n'a considéré que la section de la figure; mais on reconnaît que les résultats semblables en envisageant les interférences. — Développements.....
- Les phénomènes de la *diffraction* produite en frappant le système des vibra-

XIII. *plète*, où les vibrations de la surface du prisme devraient se communiquer au dehors

o. L'auteur répond en faisant voir (à l'aide d'une *figure* explicative) que sous l'incidence de la réflexion complète, tous les systèmes d'ondes élémentaires émanant de la base du prisme, et se propageant à l'extérieur, doivent se détruire mutuellement, du moins à une distance du prisme très-grande relativement à la longueur d'une ondulation

Cette démonstration ne s'applique pas aux points très-rapprochés de la surface réfringente. — La lumière peut en effet sortir du prisme jusqu'à une distance appréciable, sous les incidences de la *réflexion complète*

Au surplus, suivant la remarque d'Huyghens, l'explication de la réflexion dans le système des ondulations suffisait pour répondre à l'objection, puisque la *réflexion complète* est une conséquence de la *loi de Descartes*. — Renvoi à la Note additionnelle II du N° XIV . . .

Difficultés nombreuses, et souvent insurmontables, que présente la théorie newtonienne, surtout en ce qui touche la *diffraction de la lumière*. — Dans le système de l'*émission*, on ne peut, même en admettant comme un fait d'expérience l'*influence mutuelle des rayons*, se dispenser de recourir, pour expliquer le phénomène des *anneaux colorés*, à l'*hypothèse des accès*. — Or, comme, d'après la loi de continuité, il devait y avoir des états intermédiaires dans le passage d'un *accès* à l'autre, on ne peut expliquer la *régularité de la réfraction*.

CONTROVERSE AVEC POISSON SUR LA THÉORIE DE LA LUMIÈRE.

XXXIV(A). le *Supplément au MÉMOIRE sur la dou*

Il invite, d'ailleurs, Poisson à réd
contre l'explication de la double réfl
été remis

XXXIV (B). * LETTRE DE POISSON À

Paris, le 6 mars

Les objections de Poisson portent par
vants : — 1° à de grandes distanc
ondulations des particules fluides
perpendiculaires au rayon. — 2°
produites par le mouvement osci
quelles suivraient toujours la mêm
en avant et en arrière, on trouve,
distances du centre d'ébranlement
composées d'une partie périodique
3° Le principe de la *coexistence des*
paraît l'entendre, aurait besoin d
mécaniques sur la nature des onde
concevoir, dans la théorie des ond
de lumière

Conclusion. — « Si la *théorie des ondula*
« nement pas pour les raisons qu'o
« nuver et pour expliquer les phén

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

XIV (D).

* EXTRAIT D'UN MÉMOIRE DE POISSON

SUR LA PROPAGATION DU MOUVEMENT DANS LES FLUIDES ÉLASTIQUES,

lu à l'Académie des sciences le 24 mars 1823.

L'auteur, après avoir rappelé le Mémoire lu par lui à l'Académie, il y a quatre ans, *sur le mouvement simultané de deux fluides élastiques de différente densité*, annonce qu'il va reprendre la question dans toute sa généralité.

Théorie newtonienne de l'émission. — Hypothèse des accès. — Les difficultés que présente la théorie de l'émission, notamment quant à l'explication de la *diffraction*, dont Fresnel a fait connaître les lois, ont engagé plusieurs physiciens à reprendre le système des *ondulations*, d'après les idées de Descartes et surtout d'Huyghens. .

Huyghens, dans son *Traité de la lumière*, a donné les *lois de la double réfraction*, et a cherché à démontrer les lois connues de la *réflexion* et de la *réfraction*, ce qu'il n'a fait que d'une manière incomplète. .

Analyse du nouveau Mémoire présenté à l'Académie. Il se divise en deux parties. — La PREMIÈRE PARTIE est relative à la *propagation du mouvement dans un seul fluide*. — L'auteur rappelle à ce sujet plusieurs principes connus. — A une certaine distance, les vitesses propres des molécules sont sensiblement *perpendiculaires* à l'*onde sphérique*; d'où ressort une objection contre l'explication donnée de la *non-interférence des rayons polarisés en sens contraires*. — Circonstances particulières au cas où l'ébranlement primitif a eu lieu *dans un seul*

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXIV Ce résultat comprend l'ellipsoïde de

(D). s'accorde point avec la surface à
trouvée pour les ondes lumineuses.

Considérations sur le croisement de

6. Deux points de vue sous lesquels peuvent
ondes dans un milieu quelconque
portion déterminée du fluide ; 2°
placé dans le fluide. — Développement

La possibilité des hypothèses que l'on
ondes lumineuses dans la théorie d'interférences
phénomène des *interférences* se trouve

7. SECONDE PARTIE du Mémoire. — Elle
ment ondulatoire d'un fluide à un
duits. — La loi de la *réfraction* on
démontrée dans cette théorie . . .

8. Difficulté de concilier le phénomène
des *ondulations*. — Explication et
sidérations sur la solution de la question

9. Objection de Newton fondée sur la
à la limite où la réfraction devient in
l'analyse

10. Onde réfléchie à la séparation de deux
concordent avec la loi de la *réflexion*
même temps l'expression de la vitesse

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

ÉROS
t

APHES.

IV Étude détaillée du cas singulier où le centre d'ébranlement partirait
11. de la surface commune aux deux fluides

RÉSUMÉ. — Dans cet extrait ont été fidèlement reproduites toutes les conséquences de l'analyse favorables ou contraires à la *théorie des ondulations*, analyse compliquée, dont les résultats ont été soigneusement vérifiés *a posteriori*. — La même analyse aurait pu s'étendre à divers cas plus compliqués, que l'auteur se réserve d'étudier (α).

* (α) [*Note finale d'É. Verdet* — Poisson n'est jamais revenu sur la question de la *diffraction*. — Il a repris, depuis, la question de la *propagation des ondes dans les cristaux où la vitesse n'est pas la même en tous sens*. — Études antérieures de Navier, et de Lamé et Clapeyron sur les *mouvements intérieurs des corps solides et des liquides*.]

XIV (E). * EXTRAIT D'UNE LETTRE DE POISSON À A. FRESNEL.

[*Annales de chimie et de physique*, t. XXII, p. 270, cahier de mars 1823.]

Invité à publier ses observations et objections relatives à la théorie de Fresnel sur la lumière, Poisson entre en matière en contestant l'avantage de recourir au principe de la *coexistence des petits mouvements* pour étudier la marche des ondes

Exemple tiré d'une *onde sphérique*. — Un calcul très-simple démontre qu'elle en produira une autre qui se propagera *en avant*, sans donner naissance à une autre *en arrière*, tandis que la question se complique extrêmement s'il faut considérer les *ondes partielles*.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXIV Dans le raisonnement qui a conduit

(E). 3. mouvements élémentaires en un point soit situé au delà de l'ondulation qui porte plutôt sur l'infrarouge que sur l'exactitude du résultat. franges qui se forment en arrière de l'onde, au lieu d'être continue, un écran, etc.

4. Défaut de rigueur dans le mode d'observation au point P (t. I, p. 295, fig. 3).

5. Mêmes observations applicables aux *flexions* et de la *réfraction ordinaire*. inexactitudes dans les hypothèses

Poisson conclut en déclarant de nouveau que ce n'est pas les *résultats d'expérience*, non les *calculs*, mais qu'il est nécessaire qu'une méthode plus rigoureuse

XXXIV (F). LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL

. . . mars 1818

Avis du prochain envoi d'une première édition

XXXIV (G). RÉPONSE D'AUGUSTIN FRESNEL

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
DIAGRAMMES.

XXIV Poisson admet, dans toute sa généralité, le principe de la *coexistence* G). 3. *des petits mouvements*; mais il prétend que cette considération complique inutilement le problème de la diffraction, et, après avoir critiqué les conséquences, il attaque l'hypothèse qui leur sert de base :

Objection élevée contre cette hypothèse (ou plutôt cette conséquence des formules), que la *vitesse absolue des molécules fluides* ou leur *amplitudes d'oscillation* doivent être *proportionnelles à l'élément de surface de l'onde*, et en raison inverse de la longueur d'ondulation.

Fresnel, au lieu de justifier *a priori* ce théorème, le présente sous une autre forme, en considérant la propagation de deux rayons élémentaires de forme pyramidale très-étroite, et dont les longueurs d'ondulation sont dans le rapport de 1 à 2 (α), et il trouve que, pour une même longueur de rayon, et la même étendue superficielle d'ébranlement, les vitesses absolues seront deux fois plus grandes dans les ondes les plus courtes

* (α) [Note marginale de Poisson : « Je ne comprends pas le raisonnement qui suit. »]

Réponse à l'observation portant sur ce que les mêmes raisonnements s'appliquaient à un point situé *en deçà* de l'onde, au lieu d'être *au delà*

Réponse à l'objection relative aux *franges* que Poisson suppose exister *en deçà de l'écran*

Poisson a été conduit par son
eu lieu dans un seul sens, s'il a con
d'une petite portion du fluide, le mo
que dans le sens de ces vibrations. .

11-12. Considérations mécaniques à ce s
est conduit à cette conséquence
point M de l'onde totale décroîtront
direction des vibrations initiales, et
répond à cette direction, tant que le
que d'un petit angle. — Ce théor
tat de l'analyse de Poisson, sera
des problèmes de la diffraction (

* (α) [*Note de Poisson* sur l'épreuve à
rème des vitesses latérales. — Figure

13. Ceci ne s'applique qu'au cas d'un
tivement à la longueur d'ondula
résulterait de l'interférence des
rayons sensiblement parallèles (e
lement serait plane), qui dimini
au dehors de la direction de l'im

14. Réponse à l'objection qui pourrai
relatif au cas d'un petit ébranle
rayons d'une égale intensité en
quelle il résulte que les *ondes rétr*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
GRAPHES.

- (XIV combinée avec le principe des interférences. — Développements. —
G). Renvoi, pour plus amples explications, au *Mémoire sur la double
réfraction* (N° XLVII).....
- Le principe établi par l'auteur, non-seulement explique la loi de Des
cartes, mais conduit au calcul de la marche et de l'intensité des
rayons, dans le cas d'une surface limitée ou discontinue, problème
non encore résolu par Poisson.....
- L'explication d'Huyghens, pour *une onde isolée*, se trouve complétée et
rendue applicable aux faits par sa combinaison avec l'hypothèse
d'une série d'*ondes sinusoïdales*
- Réponse à cette objection, que les ondes élémentaires produites dans
le second milieu par chaque point ébranlé de la surface réfrin-
gente ne peuvent pas être *sphériques* ou *hémisphériques*. — Discus-
sion de cette question. — *Figure*
- On écarte l'objection sur la forme des ondes élémentaires, en les fa-
isant partir d'un plan parallèle à la surface réfringente dans le second
milieu.
- Réponse à l'objection relative au passage du *Supplément à la Chimie* de
Thomson où il est dit que les ondes étroites doivent parcourir un
peu plus lentement le même milieu élastique que des ondes plus
larges. — Renvoi au *Mémoire sur la double réfraction* (N° XLII)
§ 32, t. II, p. 406).....
- Explications relatives AUX VIBRATIONS TRANSVERSALES, données dans le
même *Mémoire* (§§ 39-45, t. II, p. 430). — Les *équations*

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXIV

(G).

Poisson trouvera, comme l'auteur, un lieu d'un *ellipsoïde*, pour la forme dans les corps doués de la double r

* (α) [*Note de H. de Senarmont* sur cette conclusion, n'a pas été sans résultat, et postérieurs de Poisson.]

* (β) [*Note finale d'É. Verdet*, qui s'attache que les idées de Poisson s'étaient modifiées suppose H. de Senarmont, et que, si Poisson ter ses dernières études sur la *théorie d'ondes* mine la présente lettre de Fresnel se ser

XXXV. * NOTE DE POISSON SUR LES PHÉNOMÈNES

Théorie des *accès* de Newton, dans le s
cation d'Euler dans l'hypothèse de
lames d'épaisseurs inégales, auxquelles
de couleurs diverses, aux flûtes de
entendre des tons différents. — Th.
la *théorie des ondulations*, les anneaux
aux *interférences* des rayons réfléchis
surface de la lame mince

Insuffisance de l'explication d'Young, telle
Objection fondée sur l'*inéga*le inter

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

néus
et
GRAPHES.

XVI(A). formation des *anneaux obscurs*. — Même inadvertance commise, ce qu'il paraît, par Young.....

Rectification de cette erreur sans recourir aux formules. — Les seules conditions nécessaires à la démonstration du théorème sont que les deux corps transparents en contact aient le même pouvoir réfléchissant, et que la lumière (comme Arago l'a démontré) soit réfléchi en proportions égales à la première et à la seconde surface d'une mince plaque transparente.....

Calcul sur des *vitesse absolues* dans les ondes réfléchies et transmises — Il en résulte que les *anneaux réfléchis* devront offrir un *noir parfait* aux points pour lesquels la différence de marche, pour les rayons réfléchis à la première et à la seconde surface de la lame d'air, est *égale à une largeur d'ondulation*, ou contient un nombre entier d'ondulations.....

Observations sur deux hypothèses admises pour ce calcul : que les proportions de lumière réfléchi et transmise restent les mêmes pour les mêmes incidences, et que les deux faces de la lame d'air sont parfaitement parallèles.....

XVI(B). CALCUL POUR LES ANNEAUX PRODUITS PAR L'INTERPOSITION D'UNE LAME MINCE TRANSPARENTE DANS LES RAYONS RÉFLÉCHIS PAR UN MIROIR CONCAVE MÉTALLIQUE OU DE VERRRE NOIR (α).

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL

THÉORIE DE LA LUMIÈRE

QUATRIÈME SECTION

DOUBLE RÉFRACTION

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXVII.

LETTRE DE FRESNEL À ARAGO [1822]

Paris, le 21 septembre 1822

Fresnel s'est enfin assuré que la vitesse n'est la même pour le rayon dit *ordinaire*, dans les cristaux à double réfraction.

Expérience confirmative à l'aide de *deux plaques* de cristal taillées à bord, de même épaisseur, taillées parallèlement à l'angle des deux axes; mais l'une parallèlement au plan de ces axes; l'autre perpendiculairement au plan de ces axes. . .

Écart donné par l'observation plus faible que celui déduit d'avance des mesures de Biot. . .

Communication à faire éventuellement à l'Académie des sciences.

Observations à recueillir sur les *phares* au sujet de la double réfraction.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

- XXXVIII. Ce principe nouveau, à la découverte duquel a conduit la
2. s'est trouvé confirmé par une expérience faite sur la topa
- 3-5. Détails relatifs à cette expérience. — Rappel du procédé indi
Biot, pour trouver la direction des axes de ce cristal. —
tion et exécution du *petit appareil formé de deux plaques*
épaisseur provenant d'une même topaze, serrées et collées à
de térébenthine entre deux plaques de verre à faces parallèles.
Pour faciliter l'intelligence de ses explications, l'auteur
par *axe des x*, la trace du plan des deux axes sur le plan
vage; par *axe des y*, la ligne milieu de ces deux mêmes
par *axe des z*, la direction perpendiculaire à leur plan . . .
- 6-9. Effets obtenus dans une chambre obscure en faisant passer
les deux plaques deux faisceaux provenant d'un même p
mineux. — *Deux groupes de franges* produits: l'un, prov
l'interférence des rayons extraordinaires, occupait à peu près
place que lorsque les deux faisceaux traversaient une seule
l'autre groupe, provenant de *l'interférence des rayons ordi*
était dévié de 16,6 largeurs de franges. — Discussion e
quences.
10. Autre conséquence de la théorie de l'auteur: — *La variation*
des rayons ordinaires, quand ils passent de la direction des
des x, est égale à la différence de vitesse des rayons ordinaires e
ordinaires parallèles à l'axe des y, c'est-à-dire perpendicula
faces de clivage

Vérification à l'aide d'un morceau de la même topaze taill

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XXXVIII. Expérience démontrant directement la va

11-12. *naire dans les cristaux à deux axes, à l'a*
c'est-à-dire de deux prismes triangulaires
topaze, collés bout à bout et achromatisés
parallèle aux x pour l'un, et parallèle a

* (α) [Figure explicative placée en note par H.]

13. Cette *variation de la réfraction ordinaire a*
observations de MM. Biot et Brewster ⁽¹⁾

⁽¹⁾ [Note de l'auteur sur ses premières pr
sujet.]

14-15. CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES. — La *non-influ*
angle droit, découverte par Arago et pa
qu'en admettant que les *vibrations lumine*
l'axe des rayons.

16-18. Les *vibrations transversales sont-elles accompa*
dinales? — L'auteur pense que cette hyp
nécessaire à l'explication complète des p
Développement de ses idées sur le méca
versales ⁽¹⁾ ⁽²⁾

⁽¹⁾ [Note sur l'amplitude des vibrations transvers

⁽²⁾ [Note sur l'intensité relative des forces accélér
ébranlements lumineux et sonores.]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

UES.

III. tandis que les déplacements *parallèles à l'axe* produisent des forces d'une intensité différente, plus intenses si le cristal est *répulsif*, moins intenses s'il est *attractif*. — Mouvements oscillatoires des rayons ordinaires perpendiculaires au plan mené par ces rayons et l'axe du cristal, c'est-à-dire à leur *plan de polarisation*.

Les oscillations des rayons ordinaires étant perpendiculaires au plan mené par l'axe, les oscillations des rayons extraordinaires seront parallèles à ce plan, et toujours perpendiculaires aux rayons. — A mesure qu'ils changeront d'inclinaison relativement à l'axe, la direction du mouvement oscillatoire en changera aussi; quand les rayons seront parallèles à l'axe, la vitesse de propagation des rayons extraordinaires sera la même que celle des rayons ordinaires. — Maximum de différence répondant au cas où le mouvement oscillatoire devient parallèle à l'axe.

Examen de ce cas particulier, en supposant qu'on expose perpendiculairement au rayon incident une *plaque parallèle à l'axe*. — Soit i l'angle du plan de polarisation de ce rayon avec la section principale du cristal. Si l'on décompose chacun des mouvements oscillatoires des ondes incidentes perpendiculairement et parallèlement à la section principale, on trouve que les intensités des rayons ordinaires et extraordinaires sont entre elles comme $\cos^2 i$ est à $\sin^2 i$; explication bien simple de la loi de Malus ⁽¹⁾

⁽¹⁾ [Note sur les limites dans lesquelles cette loi peut être exactement applicable. — Expériences à ce sujet.]

pu les décomposer suivant deux
Développements à ce sujet ⁽¹⁾. —
plus grande et de la plus petite
de l'onde, que s'exécutent les os
invariables et indépendants dans
traversant un milieu biréfringe

⁽¹⁾ [Note sur la propagation des oscillations
mum et du minimum d'élasticité.]

28. Vérification des conséquences de
un axe. — On suppose les divers
tées par les carrés des rayons v
dont l'axe est parallèle à celui
considère dans l'intérieur du c
l'ellipsoïde suivant une ellipse
tangulaires indiqueront les direc
ront les oscillations de l'onde p
réfraction ordinaire ou extraord
s'exécuteront parallèlement à l'a
la même longueur

* (α) [Hypothèse rectifiée plus tard.]

29. Les plans de polarisation de l'ond
naire se déterminent aisément
tout ceci se trouve conforme à

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

PHES.

VIII. du cristal, et qui seront appelés *axes optiques*, pour les distinguer des *axes rectangulaires*.

Observation d'Herschel et de Brewster sur les variations d'inclinaison des *axes optiques* selon la nature des *rayons colorés*. — Comment on peut expliquer ce phénomène ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ [Note. Considérations théoriques à ce sujet.].

Suivant la règle de Biot, on appellera *rayon ordinaire* celui dont le plan de polarisation divise en deux parties égales l'angle dièdre des deux plans menés par la direction du rayon et celle des *axes optiques*, et *rayon extraordinaire* celui dont le plan de polarisation, perpendiculaire au premier, divise en deux parties égales l'angle dièdre supplémentaire.

L'auteur démontre que les deux plans qui divisent l'angle dièdre et son supplément en deux parties égales sont perpendiculaires, l'un au petit, l'autre au grand diamètre de la section elliptique normale au rayon; conformément au principe théorique que les plans de polarisation doivent être perpendiculaires, l'un à la direction de la plus grande élasticité dans le plan de l'onde, l'autre à la direction de la plus petite.

35. Démonstration de la loi du produit des sinus pour les cristaux à deux axes. — Biot l'a déduite par analogie de ce principe, résultant des calculs de Laplace : La différence entre les carrés des vitesses des rayons ordinaires et extraordinaires est proportionnelle au carré du sinus de l'angle que le rayon extraordinaire fait avec l'axe du cristal. — Tra-

NUMÉROS

et

PARAGRAPHES.

XXXVIII. Expérience et calculs sur les *deux prismes*

42-43. miner par la *dépression des images* toute la *réfraction*. — La valeur que l'on en tire pour les axes s'éloigne peu de l'observation directe.

44-45. Accord satisfaisant avec les expériences de Biot.

46-48. RÉSUMÉ. — Il résulte des faits nouveaux et des faits connus antérieurement, que la *constitution* de tous les cristaux étudiés jusqu'à présent, est telle que la *réfraction* est trop forte, comme les images sont représentées par un ellipsoïde dont l'axe principal est *général, inégaux*. — Développement de la théorie qui conclut en insistant sur la haute probabilité à la *constitution des ondes lumineuses* et qui touche la TRANSVERSALITÉ DES VIBRATIONS.

(1) [Note sur les idées théoriques de Brewster, d'après lequel il appelle *axes résultants*, dans les cristaux uniaxiaux.]

(2) [Note sur le calcul de la vitesse des rayons lumineux.]

XXXIX. EXTRAIT D'UN MÉMOIRE SUR LA DOCTRINE DE LA LUMIÈRE.

Lu à l'Institut le 26 novembre 1837.

* (α) [Note préliminaire d'É. Verdet sur l'impression de la lumière, présentée à l'Institut une semaine après la présentation du mémoire.]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

MÉTHODES
et
GRAPHIQUES.

- XIX. *Mesures de divergence* peu différentes de celles de Biot. — Cette théorie
3. concorde avec la *loi du produit des deux sinus* relative à la différence
des carrés des vitesses des rayons ordinaires et extraordinaires
et avec la règle de Biot pour déterminer la direction des plans de
polarisation. — Renvoi, pour la démonstration de la *loi du produit
des sinus*, au Mémoire précédent (§§ 34-35)
10. Comment la *non-interférence des rayons polarisés à angle droit* a conduit
l'auteur au principe de la TRANSVERSALITÉ DES VIBRATIONS LUMINEUSES
hypothèse à laquelle s'appliquent sans difficulté tous les *calculs
d'interférences*.
- . Constitution de la *lumière polarisée* et de la *lumière ordinaire* dans l'hypo-
thèse des *vibrations transversales*.
- 14. *Résumé* des idées théoriques développées dans le Mémoire XXXVI
et des principes qui s'en déduisent. — *Cristaux à un axe*. — Définition
de l'*élasticité*. — Définition mécanique du *plan de polarisation*, etc. — Application aux phénomènes des lames cristallisées
— Vitesses différentes de propagation dans différentes directions
— Il suffit d'étudier la *loi des vitesses* des rayons ordinaires et ex-
traordinaires dans les différents cristaux pour déterminer les autres
phénomènes de la double réfraction.
- . *Loi des vitesses* à déduire de l'expérience. — Elle paraît rigoureusement
représentée par un *ellipsoïde de révolution* pour le *spath calcaire*;
mais la surface de révolution donnant la *loi des élasticités*
sera engendrée par une courbe du quatrième degré. — Elle représen-
tera aussi qu'un *maximum* et un *minimum du rayon vecteur*

XXXIX. La règle de Malus sur la direction
lement de la construction in

19. Loi générale de la double réfraction
dont les trois diamètres conjugués
Directions des deux axes du cristal
naires et extraordinaires se produisent
20. Diamètres perpendiculaires aux
teur axes optiques. — Suivra
avec l'espèce des rayons (α)

* (α) [Note d'É. Verdet sur ce dernier]

21. Règle de Biot pour déterminer les
des plans de polarisation, des
métriques de l'ellipsoïde, etc.
22. De cette vérification ressortent
qui peut-être n'avaient pas
23. Conséquences nouvelles de la nature
des rayons dits ordinaires; 2
mum, celle du rayon extraordinaire

- 24-26. Dans les cristaux où la double
peuvent être représentées
axes conjugués rectangulaires
rigoureusement, en substituant
quatrième degré, dont l'équation
l'ellipticité des ondes. — Développement

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

L. NOTE SUR LA DOUBLE RÉFRACTION DANS LES CRISTAUX À DEUX AXES

insérée au *Moniteur* du 12 décembre 1821.

Contrairement à l'hypothèse admise jusqu'à présent, Fresnel a reconnu que, dans les *cristaux à deux axes*, les *rayons* dits *ordinaires* éprouvaient des variations de vitesse et de réfraction analogues à celles des *rayons extraordinaires*. — Énoncé de la construction et du moyen de laquelle il représente les *lois générales* de la double réfraction par un *ellipsoïde à trois axes inégaux*. — Développement et conséquences.

Note additionnelle sur l'avantage de sa construction, qui représente par un simple ellipsoïde les *lois des vitesses des rayons ordinaires et extraordinaires dans les cristaux à un axe et à deux axes*, et donne même temps la *direction de leurs plans de polarisation*. — Il faut observer, en terminant, que, « pour présenter des lois aussi compliquées sous une forme si simple, il fallait être dans le secret de la cause mécanique de la double réfraction. »

LI. EXTRAIT DU SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE SUR LA DOUBLE RÉFRACTION

présenté à l'Institut le 26 novembre 1821 [lu le 13 janvier 1822].

L'hypothèse du Mémoire N° XXXVIII sur la *loi d'élasticité dans les cristaux biréfringents* ne s'accorde pas avec la loi d'Huyghens sur

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

XLI. 4. Démonstration de ce principe dans
dédit la formule qui donne la co
parallèle au déplacement. — Consid
Deux directions suivant lesquell
mum ou un *minimum*.

5. Prenant v pour *rayon vecteur*, l'aut
surface représentée par l'équation

$$v^2 = a^2 \cos^2 X + b^2 \cos^2 Y + c^2 \cos^2 Z$$

dans laquelle X, Y, Z représentent
fait avec les trois axes; a, b et
surface. — Conséquences géométr
surface coïncide sensiblement av
Mémoire, lorsque a, b et c diffèrent
excepté pour le spath calcaire

6. Pourquoi il ne peut y avoir que deux
équation conduit à la loi d'Huygh

7-8. Pour un point de mire supposé très-c
sensiblement *planes*, et la vérifica
la loi d'Huyghens est facile. — Da
cessaire de connaître la *forme des*
cipe du *plus court chemin*, la direct

9-10. A l'aide du principe de la *composi*
montre aisément que la *surface d'*
un axe, un *ellipsoïde de révolution*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
GRAPHES.

LI.	<i>perpendiculairement au plan de l'onde, est proportionnelle à la racine carrée de l'élasticité mise en jeu</i>
L.	<i>Conclusion.</i> — Probabilités en faveur de cette théorie.....

LII.	SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE SUR LA DOUBLE RÉFRACTION, présenté à l'Institut le 26 novembre 1821 [22 janvier 1822].
------	---

L'hypothèse du Mémoire N° XXXVIII sur la *loi d'élasticité des cristaux biréfringents*, représentée par un *ellipsoïde*, ne s'accorde pas avec la loi d'Huyghens pour le *spath calcaire* (ce qui doit faire supposer qu'elle n'était qu'approximative pour les autres cristaux). — Par un calcul très-simple, l'auteur est arrivé à découvrir cette loi, admettant, dans certains cristaux, l'existence de *trois axes rectangulaires d'élasticité*.....

Question de la participation du corps diaphane aux vibrations lumineuses. — Elle peut rester indécise.....

LIII.	Énoncé du principe d'après lequel on détermine l' <i>intensité de l'élasticité</i> dans une direction quelconque.....
-------	---

Démonstration de ce principe ⁽¹⁾. — *Figure explicative*.....

⁽¹⁾ [Note sur la propagation du mouvement ondulatoire d'une tranche sur l'autre. — Considérations mécaniques qui donnent lieu de penser que le *cristal de roche n'est pas rigoureusement un cristal à un axe*. — Expérience projetée.].....

ment, ou au *rayon vecteur*, répond à la
face d'élasticité, pour laquelle on aura

$$v^2 = a^2 \cos^2 X + b^2 \cos^2 Y$$

Elle est du quatrième degré, en remplaçant
par les coordonnées rectangulaires, et
l'ellipsoïde, lorsque a , b et c diffèrent

8. Démonstration analytique du théorème de
tion donnée pour déterminer la *direction*
rayons ordinaires et extraordinaires et le
9. Démonstration analytique de ce théorème
tout milieu à trois axes peut, comme l'ellipsoïde,
un cercle par deux plans passant par l'axe
sur chacun des deux autres axes.

Conséquences : Quelle que soit l'énergie
milieu à trois axes rectangulaires d'élasticité
axes optiques, si a , b et c sont inégaux,
Propriétés des axes optiques.

10. Conditions pour que les *axes optiques* soient
Même étendue, dans ce cas, des variations
pour les rayons ordinaires et extraordinaires
- 11-12. Le point lumineux étant supposé suffisamment
sidérer que des *ondes planes*, et l'on considère
effets de la double réfraction, que les

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.
XLII.

- cristal*. — *Figure* explicative. — De la direction de l'élément de l'onde émergente qui vient tomber sur l'ouverture de la surface, dépendent la position de l'image du point lumineux sur la surface et, conséquemment, la direction du rayon visuel qui est perpendiculaire à l'élément de l'onde. — Cette normale est le rayon *plus prompte arrivée* sur le milieu de l'élément
- 14-15. Pour la détermination de ce rayon, il faut calculer l'équation de la surface de l'onde. — *Figure* et développements relatifs à la détermination des ondes émanées d'un centre donné. — La question se réduit au calcul d'une surface enveloppe
16. Pour la solution du problème, il faudrait employer : 1° l'équation de la surface d'élasticité, 2° l'équation de relation qui réduit à trois variables X , Y et Z , 3° l'équation du plan sécant, 4° l'équation de condition pour le plus grand et le plus petit rayon compris dans ce plan. — Suit une partie du calcul non terminée
- * (α) [*Note d'É. Verdet*. — Renvoi au Mémoire suivant, §§ 13 et 14]
17. Calcul pour le cas des *deux axes égaux*. — La surface d'élasticité devient *surface de révolution*, et celle de l'onde aussi. — L'auteur arrive par voie synthétique à cette conclusion, que l'*ellipsoïde* déterminé par la rotation de l'ellipse $a^2x^2 + b^2y^2 = a^2b^2$ autour de l'axe des x (dont la moitié est ici b) sera la surface de l'*onde extraordinaire*, tandis que celle de l'*onde ordinaire* sera la *sphère* d'un rayon b
18. Simplicité remarquable de cette théorie. — Sans autre hypothèse

XLIII. SECOND SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE

lu à l'Institut le 26 novembre

1. L'existence de *trois axes rectang*
quement au premier *Supplément*
tivité des *cristaux à deux axes*,
reconnu depuis) une *propriété*
Lorsque les trois axes des mo
l'étendue du milieu, il présen
axes optiques ou à un seul. — C
toute cristallisation régulière.
égard, le *cristal de roche*
2. Dans ce *second Supplément* il ne s
mentaux de l'élasticité des mili
simples qui en dérivent relati
L'auteur va d'abord démontr
d'énoncer.
3. Cette démonstration débute par
direction, de la force résultante
gulaires différentiels égaux, pri
étant considérés au point de vu
ment du reste du milieu
- 4-5. Calculs (avec *figure* explicative)
que la *composante produite*, da

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

- santes* est dirigée suivant la ligne même du déplacement. — Calculant en effet d'après cette condition les angles que fait la direction cherchée avec les axes rectangulaires, on est conduit à une équation du huitième degré, qui doit avoir au moins une racine réelle.....
- De ce résultat se déduit facilement la conséquence qu'il *existe deux autres axes d'élasticité perpendiculaires entre eux et au premier*.....
- Si donc les axes d'élasticité relatifs à chaque molécule sont dirigés de la même manière dans toute l'étendue du milieu, il doit présenter les propriétés optiques déduites de la supposition de *trois axes d'élasticité*. — Ce qui suppose le *parallélisme des faces de ses particules, ou des lignes homologues de ses groupes moléculaires*.....
- Anomalie que présente, à cet égard, le *cristal de roche*. — Observations d'Herschel à ce sujet.....
- Considérations sur la question de savoir *si un cristal peut avoir plus de deux axes optiques*.....
- Dans le cas du parallélisme précité, le cristal, ainsi qu'on l'a démontré, ne peut avoir que *deux axes optiques*. — Dans ce même cas, il ne peut jamais offrir que *deux images* des objets. — Démonstration analytique de ce principe.....
- Les deux modes de vibration qui se propagent sans déviations de leurs oscillations, et dans lesquels on peut toujours décomposer l'onde incidente, s'exécutent dans des *directions rectangulaires*, c'est-à-dire de la manière la plus indépendante.....

exigeait des éliminations trop laborieuses par la voie synthétique à l'équation de la surface. — *a posteriori* l'exactitude :

$$(x^2 + y^2 + z^2) (a^2 x^2 + b^2 y^2 + c^2 z^2) - y^2 - c^2 (a^2 + b^2) z^2 + a^2 b^2 c^2 = 0 [A] \dots$$

16. Considérations d'analogie qui ont conduit à des éliminations nécessaires effectuées.....
17. Détail du calcul de cette équation.....
En lui substituant l'équation polaire, on trouve le rayon de l'onde, c'est-à-dire sa direction même du rayon.....
18. Les intersections de la surface [A] avec les axes sont le système d'une ellipse et d'une hyperbole.....
19. L'équation générale de la surface de révolution se décompose en deux facteurs du second degré qui sont égaux. — C'est alors le produit de l'équation de la surface présentée par l'équation [A]. — C'est la surface d'un ellipsoïde de révolution.....
20. Application de la construction d'Huygens à deux axes. — Position de la surface. — On mène un plan tangent à chacune des surfaces représentées par l'équation [A]. — C'est la surface d'un ellipsoïde de révolution.....
21. Directions des axes données par l'observation. — Les constantes a, b, c , qui représentent le

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XLIII. 25. Développements théoriques, avec *figure*
26. D'après cette définition, on voit que l'*ellipsoïde* construit sur axes rectangulaires que les *surfaces d'élasticité* donne nement, par les deux axes de la section diamétrale, les *v rayons réfractés perpendiculaires à cette section*, comme la tion analogue faite dans la surface d'élasticité donne les propagation des ondes parallèles à la section diamétral comptées perpendiculairement au plan des ondes. — Dduit la *loi du produit des sinus de Biot*, traduite dans des ondulations
- 27-28. Changement dans l'application du nom d'*axe optique* ici d *ligne suivant laquelle les rayons ordinaires et extraordinaires ont la même vitesse*. — Observations, avec *figure* explicative, sur des rayons à l'intérieur et à la sortie du cristal

SUR LE CALCUL DE LA PROPAGATION DES ONDES RAMENÉ AU PROBLÈME DES CORDES VIBRANTES.

29. Pour démontrer que, dans les milieux élastiques que l'on considère ici, la vitesse de propagation des *vibrations transversales* est proportionnelle à la racine carrée de l'élasticité mise en jeu, la question est ramenée au *problème des cordes vibrantes*. — Discussion explicative. — Les oscillations de chaque point de la corde s'exécutent suivant la loi du pendule, et l'on peut démontrer sans le secours d'une équation différentielle

seront proportionnels aux *sinus* des
COURUS

RETOUR DES ONDES SUR

31. Pour ramener au problème des *cordes*
propagation des ondes (supposées pla-
cevoir le milieu terminé par un pla-
réfléchit complètement les tranches
loppements analytiques sur les cor-
avec *deux figures* explicatives.

DÉMONSTRATION DE CE QUI A ÉTÉ DIT
DANS LE PREMIER MÉMOIRE (N^o X)

32. Si l'on suppose que l'action mutuelle
qu'à des distances très-petites relat-
camération (demi-ondulation), on a
l'élasticité restant constante, les os-
cillations inégales, s'exécuteront dan-
leurs longueurs. — Conséquemment
leurs ondes seront égales. — Déve-
tive

Reste à examiner le cas où l'étendue de
est une portion de l'onde

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

dérations sur ses causes, dont l'auteur ne s'est pas complètement rendu compte (α)

* (α) [*Note d'É. Verdet* sur les études d'A. Fresnel relatives à la *dispersion*.]

Application de l'équation d'élasticité au calcul des vitesses de propagation des ondes. — Considérations mécaniques tirées, comme les précédentes, des *concamérations*. — Le théorème sur lequel repose l'équation d'élasticité s'applique rigoureusement au cas particulier où les vibrations que l'on compare s'exécutent dans des plans d'ondulations parallèles

L'auteur n'a pas encore pu démontrer, *indépendamment de toute hypothèse sur les lois des forces moléculaires*, que l'équation d'élasticité s'applique rigoureusement au cas général où les plans d'ondulation sont diversement inclinés. — Questions théoriques restant à résoudre. — L'expérience autorise à admettre que : *dans les cristaux à un axe, et dans les cristaux à deux axes, la vitesse des rayons ne varie pas, tant que le plan de polarisation reste le même, quels que soient d'ailleurs les changements de direction qu'on leur fasse éprouver* (α)

* (α) [*Note d'É. Verdet* sur les conséquences que l'on peut tirer de cette loi expérimentale.

NOUVELLES EXPÉRIENCES SUR LA TOPAZE.

Exposé (avec *figures explicatives et calculs*) de quatre nouvelles

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

- XLIII. fallu d'ailleurs employer la *lumière*
35-37. larges plaques

Les deux morceaux de la nouvelle topographie des axes des x étant disposés parallèlement et perpendiculairement entre eux. — Un *lames très-fines* faisait interférer les franges dont la largeur était mesurée à l'aide d'un *micromètre*. — Le point d'incidence d'une *barre lumineuse* parallèle aux faces latérales *cylindrique*, suivant le procédé employé, étaient données par un petit cercle

38. La *quatrième observation* a eu lieu sur les expériences rapportées dans le premier *Observation finale*. — Il serait utile de faire d'autres *cristaux à deux axes*

QUELQUES NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS SUR
DE LA THÉORIE EXPOSÉE DANS

39. VIBRATIONS TRANSVERSALES. — On ne peut expliquer des ondes lumineuses sans mouvement transverse. — On a pu expliquer singulièrement l'explication de la dispersion qu'il n'existe pas d'oscillations sensitives des rayons. — La *disparition de la lumière* inexplicable dans l'hypothèse

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

CMÉROS
et
GRAPHES.

- III. Si les équations du mouvement des fluides conduisent à des conséquences contraires, c'est qu'elles reposent sur des abstractions mathématiques, etc.
- . Le genre d'action réciproque des molécules auquel l'auteur attribue la *propagation des ondes lumineuses* ne pourrait se calculer que par des intégrations et exigerait des formations de séries. — Discussion à ce sujet (α)
- * (α) [*Note d'É. Verdet*: « Tout ce que Cauchy a écrit sur la dispersion... peut être regardé comme un développement de ces aperçus analytiques de « Fresnel. »]
- . Examen de ce qui se passe aux extrémités des ondes considérées jusqu'ici comme indéfinies. — Hypothèse d'une onde arrêtée en partie par un écran. — *Figure*. — L'immobilité des points éloignés de l'extrémité des ondes d'une quantité très-grande, relativement à la longueur d'ondulations, résulte de la destruction mutuelle des vibrations élémentaires envoyées à chacun d'eux, au même instant, par tous les points du système d'ondes
- . Quelques considérations théoriques sur la constitution mécanique attribuée par l'auteur aux *milieux biréfringents*. — *Figure d'un système moléculaire* où les espacements sont dans le rapport de 2 à 1 suivant deux directions rectangulaires. — Les déplacements des tranches indéfinies parallèles à ces directions n'éprouveraient pas des résistances égales dans les deux sens, alors même que l'action répulsive de chaque particule aurait la même intensité dans tous les sens

NUMEROS
et
PARAGRAPHES.

- XLIV. *traordinaires* (considérée au point de
tionnelle aux produits des sinus des angl
deux rayons fait avec les deux axes. —
s'accorde avec cette loi, sauf la différe
a supposé constante la vitesse des *ray*
- 3-4. Discussion avec calculs par lesquels l'au
s'étant spécialement attaché à la véri
rence des carrés des vitesses, n'a pas
de vitesse des rayons ordinaires. — *F*
l'appareil de Biot.
- 5-14. Nouveaux développements et calculs o
thèse de la constance de vitesse n'ap
sur l'écartement des images, même
rables
15. L'erreur résultant de l'hypothèse de Bi
ment des images qu'une influence au-c
des observations. — En définitive,
théorie de l'auteur. — Conséquences d
ster et Herschel.
16. Nouvelle expérience vérificative du prin
l'aide d'une *topaze blanche* sciée en c
au plan des xz . — Ces morceaux ont
ger la face de contact, mais en faisant
de conversion ; après quoi ils ont été t

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHEs.

XLV. * RAPPORT FAIT À L'ACADÉMIE DES SCIENCES PAR MM. FO AMPÈRE ET ARAGO, RAPPORTEUR, SUR UN MÉMOIRE D'A. RELATIF À LA DOUBLE RÉFRACTION.

[Séance du 19 août 1822.]

L'objet principal de ce Mémoire est de montrer que, dans le
à deux axes, il n'y a pas de rayon ordinaire proprement dit
dire se réfractant suivant la loi des sinus. — Exposé et dis
Conclusions. — La Commission, s'abstenant de se prononc
idées théoriques de l'auteur relatives aux vibrations qu
tuent la lumière, se borne à demander que l'Académie lu
un nouveau témoignage de satisfaction et fasse imprime
portant Mémoire dans le *Recueil des Savants étrangers*...

XLVI. EXTRAIT DU SECOND MÉMOIRE SUR LA DOUBLE RÉFRACTION

* (α) [*Note préliminaire d'É. Verdet* sur cet Extrait, qui doit être r
Mémoire N° XLVII.].

Les considérations mécaniques par lesquelles l'auteur a ex
double réfraction des cristaux à un axe l'ont conduit à re
qu'il ne devait pas y avoir de rayon ordinaire propremen
les cristaux à deux axes.

- la succession rapide d'une infini
dans toutes les directions. —
perpendiculairement auquel s'ex
Un *milieu biréfringent* est considéré
différentes dans les diverses direc
voir l'*élasticité des milieux*
- Définition des *axes d'élasticité*, qu
tables *axes du cristal*
- Principe des *trois axes rectangulaires*
toutes les propriétés optiques d
- Définition et formation de la *surfa*
diatement, par la longueur de
propagation des vibrations paral
- Cas où le plan de l'onde n'est pas
— Décomposition du mouveme
rectangulaires dirigés suivant le
vecteur compris dans le plan de
d'où résulte la *coloration des lan*
rayons avec le cristal taillé en p
- Équation de la surface d'élasticité* d
répulsives résultant des petits d
- L'équation qui représente la loi
cas du déplacement d'une seule
élasticités mises en jeu dans le

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XLVI.	directions perpendiculaires aux sections circulaires p tous les caractères de ce qu'on appelle les <i>axes d'un crist</i> pourrait les appeler <i>axes optiques</i> , pour les distinguer des <i>a</i> <i>ticité</i>
	<i>Inégalité de vitesse de propagation des rayons de diverses couleu</i> peut en résulter des variations dans l'angle des deux axes conformément aux observations de MM. Brewster et Hers
	Si le <i>point de mire</i> est assez éloigné pour que l' <i>onde incidente</i> p considérée comme <i>plane</i> , l'image de ce point sera vue su direction perpendiculaire à l'onde émergente.....
	Dans le cas du <i>point de mire plus rapproché</i> et d'une double assez forte, il faut connaître la loi de courbure des ondes térieur du cristal, c'est-à-dire l'équation de leur surface
	Calcul de l' <i>équation de la surface de l'onde</i>
	Application à la construction d'Huyghens de cette <i>surfa</i> <i>nappes</i>
	Cas de l' <i>égalité de deux des trois axes d'élasticité</i> . — L'équation devient alors le produit de l'équation d'une sphère par ellipsoïde de révolution. — C'est le cas des <i>cristaux à un</i>
	Cas de l' <i>inégalité des trois axes d'élasticité</i> . — L'équation gén plus décomposable en deux facteurs rationnels du deuxiè — <i>Construction très-simple</i> par laquelle peut être engendrée des ondes lumineuses.....

ŒUVRES D'AUGUSTIN

NUMEROS
et
PARAGRAPHS.

XLVI. *homogène ne divise jamais la lumière en
pourquoi il ne peut y avoir plus de deux*
Conception du *parallélisme des faces hom*
réfringents. — Ce *parallélisme* ne serait
de roche

XLVII. SECOND MÉMOIRE SUR LA DOUBLE

⁽¹⁾ [*Note préliminaire de l'auteur sur cet écrit,*
trois Mémoires présentés à l'Institut le 26 no
le 22 avril 1822, avec diverses additions, et
complète du *principe de la TRANSVERSALITÉ D*

* (2) [*Note préliminaire d'É. Verdet sur le prés*
l'œuvre de Fresnel et a été l'origine de de
des commentaires (notamment celui de He
cherches analytiques pour compléter la d
mules et rectifier quelques inexactitudes.
N° XXXIX.]

INTRODUCTION.

1. *Loi de la double réfraction des cristaux à un*
ghens, méconnue par Newton et, per
les physiciens qui l'ont suivi

Thomas Young a le premier soupçonné

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

XLVII.

vertes faites par les partisans de cette théorie (y compris Ne
sont plutôt le fruit de leurs expériences et de leur sagacité
conséquences mathématiques du système

⁽¹⁾ [*Note* sur les travaux de Newton , dont le principal titre de gloire
pas son *Optique* , mais son immortel ouvrage des *Principes*.] . . .

2. La THÉORIE DES VIBRATIONS , qui a fait découvrir à Huyghens la
double réfraction dans les *cristaux à un axe*, a conduit Fres
véritables *lois de la double réfraction* dans les *cristaux à deux*
Une partie de ces lois , déjà établies par les observations de MM
ster et Biot.
Les variations de vitesse du rayon dit *ordinaire*, dans les cr
deux axes , avaient été annoncées à l'auteur, *par sa théorie*
toute vérification expérimentale

THÉORIE MÉCANIQUE DE LA DOUBLE RÉFRACTION.

3. Deux hypothèses fondamentales : 1° *transversalité des vibrations*
riations, avec les directions, de la dépendance mutuelle des
vibrantes d'un milieu biréfringent, ou des élasticités mises e
Considérations mécaniques sur ces deux hypothèses
Priorité du docteur Young *quant à la publication* [en 1817]
des vibrations transversales

DÉMONSTRATION DE L'EXISTENCE EXCLUSIVE DES VIBRATIONS TRANSV

tration. — Renvoi à la Note in
Annales de chimie et de physique,

5. Le principe de l'absence de mouvement applicable à la lumière ordinaire comme l'assemblage et la succession dans tous les azimuts. — L'absence dans la création des vibrations d'une position de ces vibrations suivant de

EXPLICATION THÉORIQUE DES LOIS D'INTERFÉRENCE

6. Conséquences immédiates de la loi de l'angle droit. — L'intensité de la lumière est la somme des intensités des deux composantes de la même hypothèse avec la lumière polarisée
7. Cas du parallélisme des plans de polarisation des intensités, aux formules du § 4.
8. Troisième principe de l'interférence. — Les interférences d'accords et des discordances produites par la lumière lumineuse qui, après avoir eu une polarisation nouvelle dans la direction de la vibration, sont ensuite ramenées à un nouveau état de vibration. Il ne suffit plus de tenir compte de la direction de la vibration, il faut en outre tenir compte de la direction de la vibration.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.
XLVII.

- phénomènes de coloration des lames cristallisées.* — Effets produits dans le cas où la lame est assez mince pour qu'il n'y ait pas de différence sensible de marche entre les deux faisceaux émergents, ou bien à une épaisseur telle que cette différence réponde à un nombre entier d'ondulations.....
10. Cas où la *différence de marche* est d'une demi-ondulation, nombre impair de demi-ondulations. — On retrouve ici la direction du plan de polarisation, appelée par Biot *azimut principal*. — Effets inexplicables dans le système de l'émission.....
11. Cas où la *différence de marche* n'est pas un nombre entier d'ondulations. — La réunion des deux systèmes d'ondes ne reproduit plus les caractères de la lumière polarisée. — *Formule* pour la résultante des vitesses absolues apportées par les deux faisceaux composants au même point du rayon projeté au centre de la figure à l'instant t
12. La même formule peut donner aussi les écarts de la molécule vibrante, relativement à sa position d'équilibre, en cherchant le temps t d'un quart de circonférence. — Équation de la courbe décrite par la molécule. — Courbe du second degré rapportée à son centre. — Ce ne peut être qu'une *ellipse*.....
13. Cas où cette courbe devient un *cercle*.....
14. Dans ce cas la *vitesse de la molécule* est uniforme. — *Hélice* engendrée par ce mouvement circulaire. — Le *pas* est égal à la *longueur d'ondulation*. — Développement théoriques sur ce genre de vibration.....

XLVII. Considérations générales sur les conséquences

16. Après cette digression sur la *polarisation circulaire*
à l'examen du cas général où les particules
leurs faces homologues parallèles

POSSIBILITÉ DE LA PROPAGATION DES VIBRATIONS

DANS UN FLUIDE ÉLASTIQUE.

17. Un *fluide élastique* est considéré par tous les physiciens
comme un blage de molécules séparées par des intervalles
proportionnels aux dimensions de ces molécules, ainsi maintenues
par des forces attractives et répulsives. — Figure expliquant
les forces développées par une onde plane et indéfinie
dans un plan; transmission des vibrations transversales dans
toute l'étendue du milieu

Comment on peut concevoir que le mouvement
se propage parallèlement à la surface des ondes lumineuses

COMMENT IL PEUT SE FAIRE QUE LES MOLÉCULES DE L'ÉTHER
SOUFFRENT D'AGITATION SENSIBLE DANS LA DIRECTION DE LA PROPAGATION

18. La *résistance à la compression* devant être très-sensible
à la *viscosité* mise en jeu par le *glissement des tran-*
sverses parallèles aux rayons ne devront produire

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

DÉMONSTRATION DE DEUX THÉORÈMES DE STATIQUE SUR LESQUELS REPOSE L'EXPLICATION MÉCANIQUE DE LA DOUBLE RÉFRACTION (α).

* (α) [*Renvoi d'É. Verdet* au paragraphe 1 du *Commentaire* ci-après de H. de Senarmont.]

PREMIER THÉORÈME. — *Dans un système quelconque de molécules en équilibre, et quelle que soit la loi de leurs actions réciproques, le déplacement très-petit d'une molécule dans une direction quelconque produit une force répulsive égale en grandeur et en direction à la résultante de trois forces répulsives qui seraient produites séparément par trois déplacements rectangulaires de ce point matériel égaux aux composantes statiques du premier déplacement. — Figure explicative et démonstration.*

SECOND THÉORÈME. — *Dans un système quelconque de molécules ou points matériels en équilibre, il y a toujours pour chacun d'eux trois directions rectangulaires suivant lesquelles tout petit déplacement de ce point, en changeant un peu les forces auxquelles il est soumis, produit une résultante totale dirigée dans la ligne même de son déplacement.*

Démonstration analytique, avec figure explicative

L'auteur est conduit à une équation de condition qui, étant du troisième degré, doit toujours avoir au moins une racine réelle. — Il en conclut qu'il y a toujours au moins une droite qui satisfait à la condition qu'un petit déplacement du point matériel suivant cette droite fait naître une force répulsive, résultante générale des actions moléculaires, dont la direction coïncide avec celle du déplacement. — Il appelle axes d'élasti-

XLVII. APPLICATION DES THÉORÈMES PRÉCÉDENTS

DES MOLÉCULES VIBRANTES QUI CONSTIT

21. Examen préalable du cas le plus simple

Les molécules situées sur une même
transportées par le mouvement vibr
dale, de part et d'autre de cette per
la courbe; ses ordonnées parallèles
déplacements des molécules) seront
correspondants des abscisses.

Calcul de l'expression générale de la
l'instant t , une molécule étherée sit
fléchissant. — Discussion et conséq

Assimilation de chaque partie du mil
nodaux consécutifs à un *système de c*
ces plans et qui leur seraient attachées p

On arrive ainsi à cette conclusion, qu
ondes lumineuses, *mesurée perpendicu*
proportionnelle à la racine carrée de l'
cules du milieu vibrant parallèleme

Démonstration de ce principe par des
— *Figure* explicative. — Discussion
formée par une file de molécules du

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

XLVII. APPLICATION DES PRINCIPES PRÉCÉDENTS AUX MILIEUX DONT LES AXES

CONSERVENT LA MÊME DIRECTION DANS TOUTE LEUR ÉTENDUE.

23. A l'aide du principe précédent (vérifié par de nombreuses expériences sur la topaze), il devient facile de comparer les effets des ondes élastiques mises en jeu par *deux mouvements vibratoires de directions différentes* et appartenant à deux systèmes d'ondes faisant entre eux un angle quelconque

Développements théoriques et calcul conduisant à l'expression de la valeur de la force élastique parallèle à la direction du mouvement (α)

- * (α) [*Note d'É. Verdet* au sujet d'un second point faible dans les raisonnements d'A. Fresnel.].

SURFACE D'ÉLASTICITÉ, QUI REPRÉSENTE LA LOI DES ÉLASTICITÉS

ET DES VITESSES DE PROPAGATION (α).

- * (α) [*Note préliminaire d'É. Verdet*. — Pour les paragraphes 24 à 26, voir aux paragraphes II et III du *Commentaire* de H. de Senarmont.]

24. Construction, d'après l'équation $v^2 = a^2 \cos^2 X + b^2 \cos^2 Y + c^2 \cos^2 Z$, d'une surface pour laquelle les carrés des rayons vecteurs dont les composantes de la force élastique, et qui pourra conséquemment être appelée SURFACE D'ÉLASTICITÉ. — Propagation d'un système d'ondes planes et indéfinies dans un milieu dont l'élasticité est représentée par l'équation précédente.

- XLVII. Les vibrations parallèles conservent
une vitesse de propagation proportionnelle à
l'élasticité mise en jeu, vitesse du son dans
le rayon vecteur.

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE PROPAGATION

26. Détails de la construction à l'aide de la
tion de la surface d'élasticité, et de la
connus.

IL Y A DEUX PLANS DIAMÉTRAUX QUI
SUIVANT D

27. Par la discussion de l'équation de la surface
qu'il y a deux plans également inclinés
coupent suivant un *cercle*, et dont le centre est
Toute autre section a donc des propriétés
ondes qui lui sont parallèles, et dont la
tion dans le milieu.

LA DOUBLE RÉFRACTION DEVIENT
AUX DEUX SECTIONS CIRCULAIRES

28. A l'égalité des rayons vecteurs et des vitesses
de propagation. — Si donc on considère

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

<i>cristaux à un axe</i> . — S'ils sont tous les trois égaux, elle devient une <i>sphère</i> , et il n'y a plus de double réfraction, ce qui paraît avoir lieu pour tous les <i>corps cristallisés en cube</i>	5
Nécessité d'employer des <i>prismes</i> et non des <i>plaques à faces parallèles</i> pour obtenir une bifurcation sensible des rayons avec un point lumineux supposé très-éloigné.	5
DÉMONSTRATION DE LA LOI DE LA RÉFRACTION POUR LES ONDES PLANES ET INDÉFINIES.	
Reproduction abrégée de l'explication de la <i>loi de Descartes</i> donnée dans la Note II du Mémoire N° XIV (t. I, p. 373).	5
Pour calculer les <i>effets prismatiques</i> des milieux doués de la <i>double réfraction</i> , quand l' <i>onde incidente est plane</i> , il suffit de connaître la vitesse de propagation des ondes ordinaires et extraordinaires dans l'intérieur du cristal, pour chaque direction du plan de l'onde; or c'est ce que donnent le plus grand et le plus petit rayon vecteur de la section diamétrale faite dans la surface d'élasticité par le plan de l'onde.	5
PRINCIPE QUI DÉTERMINE LA DIRECTION DES RAYONS RÉFRACTÉS LORSQUE LE POINT DE MIRE N'EST PAS ASSEZ ÉLOIGNÉ POUR QUE L'ON PUISSE FAIRE ABSTRACTION DE LA COURBURE DES ONDES LUMINEUSES.	
Pour plus de simplicité, le point de mire est supposé placé dans l'in-	

plane indéfinie passant par le même bout de l'unité de temps, se transforme, dans une position tangente à la même, en une position explicative et discussion qui réduit la face enveloppe.

CALCUL DE LA SURFACE DES ONDES
DE LA DOUBLE RÉFRACTION

33. L'auteur, en combinant les équations de la surface d'élasticité, arrive à ces deux élasticités différentes et deux à la condition du *maximum* et du *minimum* doivent toujours être rectangulaires

DES MILIEUX CONSTITUÉS COMME ON L'A SU
PLUS DE DEUX IMAGES DU

34. Ceci est une conséquence de ce qu'il ne de v^2 , ou de l'élasticité que les oscillations un prisme de l'espèce de cristal dont l'image d'un point de mire très-éloigné Il en sera de même dans le cas d'un prisme pour qu'il faille tenir compte de la somme du nombre des images est égal à celui des tangents qu'on peut mener du même

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

- férentier par rapport à deux variables à éliminer. — Considérations géométriques qui ont conduit à ce résultat (α)
- * (α) [*Note d'É. Verdet*. — MM. Ampère, de Senarmont et Plücker ont successivement suppléé à cette démonstration incomplète. — Procédé le plus élégant dû à M. Mac-Cullagh (1839).]

CALCUL TRÈS-SIMPLE QUI CONDUIT DE L'ÉQUATION D'UN ELLIPSOÏDE À CELLE DE LA SURFACE DES ONDES.

L'auteur procède en partant de l'équation d'un ellipsoïde qui a les mêmes arcs que la surface d'élasticité

L'équation trouvée, étant transformée en *équation polaire*, donne le moyen de calculer la *vitesse de propagation* suivant la direction même du rayon lumineux quand on connaît les angles qu'il fait avec les axes d'élasticité du cristal. Les intersections de la surface, représentées par l'équation de l'onde avec les plans coordonnés, se composent d'un *cercle* et d'une *ellipse*.

LA CONSTRUCTION D'HUYGHENS QUI DÉTERMINE LE CHEMIN DE PLUS PROMPTE ARRIVÉE, OU LA DIRECTION DU RAYON RÉFRACTÉ, S'APPLIQUE AUX CRISTAUX À DEUX AXES, COMME AU SPATH CALCAIRE ET, EN GÉNÉRAL, À TOUTES LES ONDES DE FORME QUELCONQUE.

Il faut, dans le cas général, mener un plan tangent à chacune des deux nappes de la surface représentée par l'équation trouvée. — Les rayons vecteurs menés aux deux points de contact seront le rayon *extraordinaire*, et le rayon improprement appelé *ordinaire*.

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

XLVII. Règle de Biot pour trouver les directions
des plans de polarisation

Détermination des trois demi-axes d'éla
vitesses de propagation parallèlement
y arrive par les observations de *réfr*
délicat des *interférences*

Formules générales que l'on peut dédu
ghens appliquée à l'équation de la s
miner les *directions des rayons réfract*
calculées

Vérification de la loi des vitesses par une
Figure explicative

DÉFINITION DU MOT

41. Le mot *rayon*, dans la théorie des ondes
à la *ligne qui va du centre de l'onde* à
que soit d'ailleurs l'inclinaison de cet
elle aboutit, ainsi que l'a remarqué

NOUVELLE CONSIDÉRATION QUI MONTRE EN

DE LA SURFACE DE L'ONDE EST BIEN LA DIR

42. L'onde incidente est supposée parallèle

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

reconnaître que (dans le langage du système de l'émission) la différence entre les carrés des vitesses des deux faisceaux ordinaire et extraordinaire était proportionnelle au carré du sinus de l'angle que le rayon extraordinaire fait avec l'axe du cristal. — L'analogie a conduit Biot à la *loi du produit des sinus* pour les *cristaux à deux axes*, loi implicitement renfermée dans les *formules* de Brewster..
Traduction de cette loi dans le langage de la théorie des ondes. . . .

DÉMONSTRATION THÉORIQUE DE LA LOI DE MM. BIOT ET BREWSTER

SUR LA DIFFÉRENCE DES CARRÉS DES VITESSES.

Figure présentant la section elliptique formée par le plan du plus grand et du plus petit diamètre de l'ellipsoïde, respectivement pris pour axes des x et des z ; l'axe des y répond à l'axe moyen projeté au centre de l'ellipse. — Tracés des plans des deux sections circulaires.

Un calcul analytique fondé sur les propriétés de l'ellipsoïde et sur les principes ci-dessus établis conduit à la démonstration du théorème énoncé au paragraphe précédent.

Observations sur la dénomination d'*axes optiques*. — Il paraît convenable de ne l'appliquer qu'à la direction suivant laquelle les *rayons réfractés* parcourent le cristal sans éprouver de double réfraction. — En adoptant cette définition, la *loi du produit des sinus des angles* qu'un rayon quelconque fait avec les deux axes optiques devient une

XLVII. lisée à faces parallèles et perpendiculaires.
Observations à ce sujet.

LA RÈGLE DONNÉE PAR BIOT POUR DÉTERMINER
DE POLARISATION DES RAYONS ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE
AVEC LA THÉORIE EXPOSÉE DANS CE MÉMOIRE.

45. L'auteur, supposant la surface d'élasticité parallèle à l'onde, détermine, d'après les plans de polarisation des vibrations, la règle de Biot pour cette même détermination.
Les lignes que Biot appelle *axes du cristal* sont nommées *axes optiques*. — Bien que construites rigoureusement avec la construction de la surface d'élasticité, les différences dans les résultats qu'en définitive cette règle peut être comparés à ceux de la nouvelle théorie.

LA PLUPART DES CRISTAUX PRÉSENTENT DES SECTIONS CIRCULAIRES DE LA SURFACE D'ÉLASTICITÉ CONSTRUITS SUR LES MÊMES AXES.

46. C'est ce qui résulte de la comparaison des tangentes de l'inclinaison des deux surfaces des x y pour la surface d'élasticité et

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

cristal et reprennent le parallélisme à la sortie. — Détermination de l'*axe optique*, direction suivant laquelle il n'y a pas de bifurcation à l'intérieur du cristal, mais divergence à la sortie. --- *Figure* explicative présentant les sections *circulaire* et *elliptique* des deux nappes de la surface de l'onde, etc.....

Dans les *cristaux à un axe* tous les rayons parallèles à l'axe optique sont réfractés à la sortie, suivant la loi de Descartes, ce qui établit une nouvelle différence entre les *cristaux à un axe* et les *cristaux à deux axes*.....

LES RAYONS NOMMÉS ORDINAIRES PAR MM. BIOT ET BREWSTER

SONT CEUX DONT LES VARIATIONS DE VITESSE ONT LE MOINS D'ÉTENDUE.

Il n'y a point de *rayon ordinaire* proprement dit dans les *cristaux à deux axes*. — On a appelé ainsi celui dont le plan de polarisation divise en deux parties égales l'angle dièdre aigu compris entre les plans menés par la direction des rayons lumineux et les deux axes optiques. — Développement, avec *figure* explicative.....

Application à la *surface d'élasticité* des raisonnements faits pour l'*ellipsoïde*. — On en conclut que les ondes dont les plans de polarisation sont compris dans l'angle aigu des deux plans menés suivant la normale à l'onde et les normales aux plans des sections circulaires sont celles dont les vitesses de propagation varient entre les limites les plus rapprochées, tandis que les vitesses des ondes dont les plans de polarisation passent dans l'angle dièdre obtus

de l'angle des deux axes optiques.
que l'auteur avait reconnu, d'après
fraction de la *topaze* donnés par l'
son prétendu *faisceau ordinaire*. . .

L'auteur s'est particulièrement attaché
à vérifier ce principe, théoriquement par la
propagation des ondes lumineuses dépendant
de leurs vibrations ou du plan de vibration.
Le principe constaté pour la *topaze*. . .

RÉFLEXIONS SUR LES PROBABILITÉS QUE
L'ON DOIT ATTENDRE
DANS CE MÉMORANDUM

51. Trois principes fondamentaux sur lesquels
Elle présente ce caractère remarquable
simples que l'on en a déduites, qu'elles
minées en même temps par la so-
bilités qui ressortent de cette simp-

Longtemps avant d'avoir conçu sa théorie
time connexité de la *double réfraction*
par l'étude des phénomènes de la
couverte des causes mécaniques de

En supposant la propagation des ondes
laissé indécise la question de savoir

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

VIII. * COMMENTAIRE AU MÉMOIRE DE FRESNEL SUR LA DOUBLE RÉFRACTION.

PAR HENRI DE SENARMONT ^(a) (α).

(α) [*Note d'É. Verdet* sur cette reproduction posthume.]

Objet de ce *Commentaire*. — Il complète, d'après M. Hamilton et autres illustres géomètres, les démonstrations de plusieurs résultats, auxquels le créateur de la théorie de la lumière avait été conduit par une sorte de divination

Dans tout système de molécules en équilibre, il existe trois, et seulement trois directions rectangulaires, telles que, si une molécule est déplacée d'une quantité très-petite, suivant l'un quelconque de ces trois sens principaux, la résultante des réactions élastiques développées est elle-même parallèle au déplacement

Parmi tous les déplacements moléculaires dirigés d'une manière quelconque dans un plan, il y en a deux rectangulaires, et seulement deux, tels que leur direction et celle de la réaction élastique développée se trouvent comprises dans un plan normal au premier

Détermination de la surface d'élasticité

Détermination de la surface d'une onde élémentaire

A chaque direction du rayon vecteur de la surface de l'onde correspondent deux vibrations

Les deux vibrations sont comprises dans des plans qui passent à la fois par

XLVIII. Directions correspondantes réciproques.

§ VI. normale et des rayons vecteurs particuliers.

1^o On se donne la direction de la normale

2^o On se donne la direction d'un rayon vecteur

A chaque onde plane intérieure correspond une onde plane extérieure; les normales aux deux ondes, au même degré, les normales aux secondes ondes, qui, dans certains cas, différera

THÉORIE DE

CINQUIÈME

QUESTIONS DIVERSES

XLIX.

LETTRE D'AUGUSTIN

SUR L'INFLUENCE DU MOUVEMENT TERRESTRE

[Septembre]

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

NOTES RELATIVES AUX PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES C

- L (A). EXTRAIT D'UNE LETTRE D'A. FRESNEL À ARAG
 SUR L'INFLUENCE DE LA CHALEUR
 DANS LES COULEURS DÉVELOPPÉES PAR LA POLARISA
 [Mars 1817.]

Expériences sur les lames plus ou moins épaisses de *sul*
 — Expériences de Brewster sur les *plaques de verre*.
 trait que cette action de la chaleur n'a lieu que su
 qu'elle décompose aisément. — Nouvelles expérien
 prendre à ce sujet.

- L (B). SUR LES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DE LA TOURMALI
 [1823.]

Opacité et transparence de la tourmaline, selon qu'elle es
 pendiculairement ou parallèlement à l'axe ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ [Première observation, due à MM. Haüy et Biot. — Par
 signalée antérieurement dans l'agate par M. Brewster].

Application à l'explication de ce phénomène du princip
 tance de la vitesse de propagation dans un même cr

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS

et

PARAGRAPHES.

L (C). aux faces de certains *cristaux à deux axes*
deux parties égales l'angle des axes o

* (α) [Fait reconnu inexact par M. Mitscherlich
Senarmont.].....

L (D). SUR LES DILATATIONS INÉGALES QU'UN M

PAR L'EFFET DE LA

[1823.]

Expériences de MM. Mitscherlich et Fresnel
double réfraction du carbonate et du
du cristal de roche, par l'effet de la chaleur
Expérience de Fresnel de laquelle il résulte
moins le sulfate de chaux parallèlement
direction perpendiculaire.....

L (E). SUR LES CONTRACTIONS PRODUITES

DANS LES CRISTAUX

[1824.]

Variations observées par M. Mitscherlich
des faces du spath d'Islande par l'effet de la
contractions à ce sujet.....

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

RÉPONSE.

Renvoi à l'Extrait du *Mémoire sur la double réfraction* (N° XLVI). — Rappel et discussion de l'équation de la surface de l'onde, à l'aide de laquelle on peut trouver par les *plans tangents* les directions des deux rayons réfractés. — Marche beaucoup plus prompte suivie par l'auteur dans ses calculs numériques. — *Figure* explicative. .

DEUXIÈME QUESTION ET TROISIÈME QUESTION.

Lois qui règlent l'intensité des mêmes rayons lorsque le rayon incident a une polarisation quelconque, partielle ou totale. — Lois qui règlent l'intensité des rayons partiellement réfléchis, à angle quelconque, sur une surface cristalline et non cristalline, lorsque le rayon primitif a une polarisation quelconque.

RÉPONSE.

Méthode et formules, pour le cas d'un *corps simplement réfringent*. . . .
Méthode et formules, pour le cas d'un *corps biréfringent*.
Expérience inédite sur l'intensité de la lumière réfléchie à la surface d'un rhomboïde de spath calcaire.
Observations sur les *formules d'intensités lumineuses* qui n'ont pas encore été vérifiées par l'expérience et sur leur démonstration plus ou moins complète.
Annonce de la prochaine publication du *Mémoire sur la double réfraction* (N° XLVII).

NOTES SUR DIVERSES QUESTIONS

LII (A). NOTE SUR L'ASCENSION DES NUAGES

[1821.]

L'auteur la considère comme principalement renfermée se trouve portée, par le soleil, à une température supérieure à celle de l'air. On peut concevoir que cette ascension se fait que faiblement pendant la nuit.

LII (B). NOTE SUR LA RÉPULSION QUE LES ÉLECTRIQUES

EXERCENT LES UNS SUR LES AUTRES

[13 juin 1821.]

Expériences de M. Libri sur le mouvement d'un liquide suspendue à un fil métallique. — Considérations théoriques sur la répulsion.

Nouvelles expériences de l'auteur sur la répulsion d'acier aimanté suspendu à un fil métallique. — *mités deux disques*, l'un de *clinq*

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

LII (C). NOTE SUR LES ESSAIS AYANT POUR BUT DE DÉCOMPOSER AVEC UN AIMANT.

Expériences faites à l'aide d'un barreau aimanté enveloppé d'une hélice en fil de fer. — Résultats variables, qui n'ont donné aucune conclusion positive.
Rappel des expériences de Ritter. — Doutes sur le succès.
Expériences d'Ampère.

LII (D). NOTES RELATIVES AUX EXPÉRIENCES D'ARAGO CONCERNANT L'INFLUENCE EXERCÉE PAR UN ANNEAU OU DISQUE SUR LES OSCILLATIONS DE L'AIGUILLE AIMANTÉE.

§ I. — Résumé des résultats d'expériences communiquées par Arago à l'Académie des sciences.

§ II. — SUR LA DURÉE D'OSCILLATION D'UNE AIGUILLE AIMANTÉE
APPLIQUÉE CONTRE UNE AIGUILLE DE CUIVRE.

Savary et Fresnel, pour expliquer l'affaiblissement rapide de l'oscillation d'une aiguille aimantée oscillant dans un anneau de cuivre, avaient admis une aimantation passagère du cuivre. — Expériences et calcul à ce sujet.

OEUVRES D'AUGUSTIN

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

EXTRAITS DE DIVERS M

INSÉRÉS DANS LE BULLETIN DE LA SOC

ET DANS LE BULLETIN DES SCIENCE

LIV (A). EXTRAIT D'UN MÉMOIRE DE M

SUR DE NOUVEAUX PHÉNOMÈNES DE PRO

Expériences desquelles il résulte : — 1°
mouille un solide, il y a dégagement de c
effet est produit à l'instant où un solide

Ces dégagements de chaleur ne résultent
chimique. — Développements.

LIV (B). SUR UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE ÉLECTR

Appareil imaginé par Savary (et exécuté
pour mettre en mouvement un conduc
des courants qui traversent l'eau aci
-plonge. — *Le sens de la rotation est dét*

LIV (C). EXPÉRIENCES DE M. OL. GREGORY SU

DANS L'ATMOSPHÈRE

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

RAPPORTS ACADÉMIQUES.

(A). RAPPORT SUR L'INSTRUMENT IMAGINÉ PAR M. BENOÎT
POUR MESURER L'ÉPAISSEUR DES GLACES MONTÉES.

[29 décembre 1823.]

Description du *pachomètre à angle fixe* de M. Benoît. — Conclusions favorables.....

(B). RAPPORT SUR LE NOUVEL HYGROMÈTRE DE M. BABINET.

[1^{er} mars 1824.]

Description. — L'observation directe des allongements du cheveu est substituée au mécanisme à aiguille et à cadran de l'appareil de Saussure. — Conclusions favorables.....

(C). SUR L'INSTRUMENT À TAILLER LES MIROIRS PARABOLIQUES,
DE MM. THILORIER PÈRE ET FILS.

[15 mars 1824.]

Description de l'instrument, consistant en une plaque d'acier dont le tranchant résulte de l'intersection d'un cône avec un plan. —

ŒUVRES

NUMEROS
et
PARAGRAPHES.

LV (D). *Microscope d'Amici*, dans
dioptrique, comme d
inconvenients.

Microscope de M. Selliguer
tique qui offre sensib
d'Amici, sans en avoir
sissement en compos
achromatiques. — Ad

Grossissements de 25 à

Miroir concave pour é
de deux diaphragmes
réflexion totale pour

Essais comparatifs du
Dumas. — Conclusion

LV (E). RAPPORT DE LA SECTE

SU

Avis demandé à l'Acadé
rieur, sur un rapport
titude du succès des m

TABLE ANALYTIQUE DU TOME II.

ROS
t
APHES.

- (F). ment sur les paragrêles, attribue principalement à Fresnel un rapport qui appartient à la section de physique.
- Rappel des considérants de ce rapport, dont les conclusions ne tranchent nullement une question de météorologie qui demeurera longtemps encore indécise, etc.
- P. S. — M. T*** suppose à tort que le rapport critique la construction des paragrêles à cause du défaut de grosseur du fil métallique conducteur.
-

(G). **RAPPORT SUR UNE LETTRE DE M. GAUDIN**
 [RELATIVE À LA THÉORIE DU CALORIQUE].
 (10 juillet 1824.)

- M. Gaudin, renouvelant l'idée de Berzelius, regarde le calorique comme le produit de deux électricités contraires, et propose une expérience tendant à exclure la supposition que la chaleur produite dans la décharge de la bouteille de Leyde est due à la compression de l'air.
- Discussion et critique des raisonnements de M. Gaudin. — Conclusion : son hypothèse n'est pas nouvelle, et l'expérience qu'il propose est inutile.
-

(H). **RAPPORT VERBAL SUR LA THÉORIE DES COULEURS**

OEUVRES D'AUGUSTE

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

LV (H). partient qu'à notre globe, etc. —
cune conclusion.].

CORRESPONDANCE

LVI. EXTRAITS DE LA CORRESPONDANCE

ET LETTRES Y

[Du 24 mai 1816 au

N° LVI¹—N° LVI²³. [Voir, pour ce
du tome II, où le contenu de ch
indiqué.].

LVII. CORRESPONDANCE D'A. F.

[De 1816

N° LVII¹—N° LVII⁷. [Voir la table

LVIII. CORRESPONDANCE D'A. F.

[Du 21 septembre 1822

N° LVIII¹—N° LVIII¹⁰. [Voir la table

TABLE ANALYTIQUE

DU TOME III.

NUMÉROS
et ;
PARAGRAPHS.

* Introduction à la section des Phares.....

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

I. PROJET D'EXPÉRIENCES SUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES.

[Fragment. — Août 1819.]

* (α) [*Note préliminaire de l'éditeur* sur l'adjonction d'Augustin Fresnel à la Commission des phares, au mois de juin 1819.].....

1-2. Question relative à la confection et à la *disposition* des
Mèches multiples, essayées avec avantage par Rumford : au lieu
de *mèches plates* disposées parallèlement, on pourrait employer
mèches cylindriques concentriques (α), avec lesquelles la
consommation d'huile croîtrait probablement dans un moindre rapport
avec la lumière produite, ce qui est la véritable économie.

* (α) [*Note* sur la question de priorité.].....

OEUVRES D'AUGUSTE

NUMÉROS
et
PARAGRAPHE.

1. 7. *Rélecteurs.* — Calcul de l'intensité et
qu'ils projettent.
8. Appareils à *éclipses.* — Rapport à éta
celle des éclipses.
9. Idée de substituer des LENTILLES AUX
on utiliserait une plus grande prop
En les composant de plusieurs morceaux
assez grande surface sans exagérer l
- (1) [*Note de l'auteur* sur les études auxque
système. — Observations sur les inconv
un liquide.].
10. *Première épure d'une lentille polyzonale d*
au carré (α).
- * (α) [*Note de l'éditeur, avec figure, d'apre*
d'une lentille échelonnée polygonale de o
11. Disposition et *effet utile d'un tambour di*
semblables, illuminé par une lampe
12. L'*effet utile d'un appareil catoptrique* ne se
leurs, que les $\frac{2}{3}$ de celui de l'appare
13. Systèmes accessoires de *glaces étamées,* p
geant en dehors du tambour dioptr
- 14-15. Expériences à faire, avant de comm
1° sur les mèches multiples, — 2° sur

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

II (A). Renvoi, avec quelques observations, des pièces relatives à la position faite par M. l'ingénieur Haudry d'appliquer à l'éclairage des phares des *réflecteurs hyperboliques*

II (B). NOTE SUR LA COMPARAISON THÉORIQUE
DU RÉFLECTEUR PARABOLIQUE ORDINAIRE AVEC LE RÉFLECTEUR
À DOUBLE EFFET (α).

* (α) [*Note préliminaire de l'éditeur* sur cette discussion, qui avait eu pour objet l'amélioration des phares à feu fixe du cap de la Hague, près du Havre. — *Profil d'un réflecteur à double effet*.]

Description d'un *réflecteur à double effet*, formé de deux paraboloïdes ayant même axe et illuminés par deux becs de lampe placés sur cet axe commun. — Un effet équivalent pourrait être obtenu avec un seul paraboloïde éclairé par deux becs, dont un excentré. — Observations sur l'effet *utile* et *économique*

On diminuerait la *divergence verticale* en plaçant les deux becs sur l'axe, mais sur la perpendiculaire horizontale passant par le foyer. — Développement

Conclusion : Un réflecteur parabolique illuminé par deux becs placés à droite et à gauche du foyer serait préférable à celui de Bordier-Marcet, et il conviendrait d'en faire l'essai. — Réponse aux objections de M. de la Roche, à cet égard

NUMEROS
et
PARAGRAPHES.

II (C).

* EXTRAIT D'UNE LETTRE DE M. SGANZIN

[6 septembre 1819.]

* (α) [*Note préliminaire de l'éditeur sur cette lettre*
près la date des premières communications fai
phares par A. Fresnel, au sujet des *appareils la*

M. Sganzin, tout en adhérant aux observation
nel, pense que, au lieu d'employer de *grande*
mieux vaudrait composer, comme les Angl
d'un grand nombre de petits réflecteurs p
chacun par un seul bec de lampe.....

Dispositions à prendre pour l'exécution de l'
Fresnel a entretenu la Commission des phares

II (D).

* LETTRE DE M. SGANZIN À A.

[23 octobre 1819.]

Exécution de réverbères paraboliques en pla
réflecteur anglais.....

Disposition pour essayer sur l'arc de triomp
tournant exécuté par Bordier-Marcet pour
(île de Ré).....

Vote émis par la Commission, dans sa séance
pour l'exécution d'une *première lentille échelon*
estimée 500 francs (α).....

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

CHOS
t
APRES.

A). Le bec de lampe à 2 *mèches* a été trouvé équivalent à 5 becs ordinaires d'Argant, — et le *bec triple* équivalent à 15 becs. — Ce dernier serait spécialement applicable aux *phares lenticulaires*. . . .
Expériences sur la meilleure forme à donner aux *cheminées de cristal*.

B). EXPÉRIENCES FAITES À L'OBSERVATOIRE SUR LA LUMIÈRE
PRODUITE PAR LES BECS SIMPLES ET MULTIPLES.

[27 septembre 1819.]

L'éclat d'un bec garni de 2 *mèches*, l'une de 20 millimètres, l'autre de 40 millimètres de diamètre, a été trouvé équivalent à 3^{becs}, 53. — L'huile arrivait avec surabondance (α)

* (α) [Cet extrait des registres d'A. Fresnel établit la date des premières expériences photométriques.]

MÉMOIRE, NOTES ET CALCULS RELATIFS AUX PHARES CATOPTRIQUES

A). SUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES (α).

[Fragment. — Avril 1820.]

* (α) [A. Fresnel]. avant d'avoir pu réaliser son *nouveau système de phares*

- 3-5. Considérations théoriques sur les *feux tournants*. — De quelque manière que l'on combine les directions des axes des réflecteurs, on n'augmente la vivacité des éclats qu'aux dépens de leur durée, et réciproquement. 33
6. L'effet utile a pour mesure la durée de l'éclat multipliée par son intensité. — Conséquences relativement à la meilleure forme à donner aux réflecteurs. 34

PROBLÈME.

LA SURFACE DU MIROIR PARABOLIQUE ÉTANT DONNÉE, DÉTERMINER LE DEGRÉ DE PROFONDEUR
OU DE COURBURE QUI PRODUIRA LE PLUS GRAND EFFET UTILE.

- 7-9. *Figure explicative*. — La solution de ce problème de maximum conduit à une équation logarithmique indépendante de la constante, et qui, résolue numériquement, donne pour valeur (très-approchée de l'angle s du rayon vecteur extrême avec l'axe : $107^{\circ} 59' 4''$. . . 35
10. L'angle s est de $98^{\circ} 43'$ dans les réflecteurs qui ont servi aux opérations géodésiques de la méridienne, et de $118^{\circ} 22'$ dans la plupart des *phares anglais*. 37
11. Pour une largeur donnée de réflecteur, on trouve, à l'aide de la même équation, que la valeur de s répondant au maximum d'effet utile serait $126^{\circ} 24' 52''$ 37
12. Avec un réflecteur de même ouverture, et en supposant, comme ci-dessus, $s = 107^{\circ} 59' 4''$, l'effet utile ne sera réduit que de $\frac{1}{16}$, et l'on obtiendra en compensation une notable économie par la diminution de $\frac{1}{3}$ sur la profondeur. [*Suivent quelques considérations théoriques et pratiques que l'auteur n'a pas achevé de développer.*] 37

APPENDICE. — Calcul du degré de profondeur le plus avantageux à donner à un réflecteur parabolique. [Avril 1820.] 39

B). NOTE SUR LA COMPARAISON DES GRANDS ET DES PETITS RÉFLECTEURS.

Dans les réflecteurs semblables, l'effet utile est proportionnel au paramètre. — Emploi des grands et des petits réflecteurs considérés sous le double rapport pratique et économique (α)	57
* (α) [<i>Note de l'éditeur</i> sur cette comparaison, spécialement relative au <i>réflecteur anglais</i> de 522 millimètres d'ouverture et aux réflecteurs de Lenoir de 837 ^{mm} ,5 d'ouverture.]	57
Les grands réflecteurs, évidemment préférables dans le cas de l'emploi de <i>becs à 2 mèches</i>	58

C). LETTRE D'A. FRESNEL À M. SGANZIN.

[11 avril 1820.]

Proposition de commande, à l'opticien Gambey, de 20 réflecteurs paraboliques semblables au <i>réflecteur anglais</i> (α). — Cet habile artiste pourrait exécuter des réflecteurs des plus grandes dimensions. . . .	60
* (α) [La négociation entamée avec Gambey pour cette fourniture n'eut pas de suite.]	60

D). NOTE ADRESSÉE PAR A. FRESNEL À GAMBÉY

POUR LA CONSTRUCTION D'UN RÉFLECTEUR PARABOLIQUE.

[19 avril 1820.]

<i>Profil du réflecteur</i> de 650 millimètres d'ouverture sur 228 ^m ,7 de profondeur. — Profondeur déterminée d'après la condition du <i>maximum d'effet utile</i> pour une superficie donnée.	62
--	----

DEUXIÈME MÉMOIRE SUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES (α).

[Fragment. — 1820.]

* (α) [<i>Note</i> sur l'ensemble de ce fragment comprenant seulement la première partie d'un Mémoire qui devait traiter des <i>phares à feux tournants</i> et des <i>phares à feu fixe</i> .]	35
--	----

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

PAGES.

V. 1-2.	Considération sur les phares à <i>feux tournants</i> . — On a d'autant plus de chances de les apercevoir que la durée des <i>éclats</i> est plus longue par rapport à celle des <i>éclipses</i> , quelle que soit d'ailleurs la vitesse de rotation. — Caractère distinctif tiré de la durée des phases..	65
3-6.	Question de l'importance relative de la <i>durée</i> et de l' <i>intensité des éclats</i> . — Nécessité de consulter les marins, qui se plaignent généralement du <i>défait de durée des éclats</i>	66
7.	Questions économiques sur le nombre et sur les dimensions des réflecteurs à employer.....	68
8-10.	Critique du système de réflecteurs à double bec de lampe de Bordier-Marcet, sous le double rapport théorique et pratique.....	69
11-12.	Réponse aux objections fondées sur la surcharge résultant, pour le mécanisme de rotation, de la multiplicité des réflecteurs. [<i>Manque la suite.</i>].....	72

VI. PREMIER PROJET D'UN PHARE À FEUX TOURNANTS, DANS LEQUEL LES RÉFLECTEURS SERAIENT REMPLACÉS PAR DES LENTILLES (α).

[Présenté à la Commission des phares le 31 octobre 1820.]

* (α)	[<i>Note</i> sur le motif de la reproduction de cet <i>avant-projet</i> . — Renvoi au Mémoire N° VIII.].....	73
	Propriétés optiques des <i>lentilles</i> comparées aux <i>réverbères paraboliques</i> . — <i>Phares lenticulaires anglais</i> (β).....	73
* (β)	[Citation d'un passage du numéro cxv de la <i>Revue d'Édimbourg</i> , où sir David Brewster, après quelques observations sur les dispositions fort peu rationnelles du petit appareil <i>lenticulaire</i> du phare de <i>Portland</i> , semble ne concéder à A. Fresnel que le mérite d' <i>importation</i> et de <i>perfectionnement</i> .]	73
2.	Les <i>lentilles</i> transmettent une plus forte proportion des rayons incidents que les <i>miroirs paraboliques</i> ; mais ceux-ci embrassent une plus grande partie de la sphère lumineuse.....	74
3.	L'idée d'étager les <i>lentilles</i> pour en diminuer l'épaisseur appartient à Buffon. — Fresnel ne peut prétendre à la priorité que pour le	

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

NUMÉROS et PARAGRAPHS.		PAGES.
VI.	moyen de rendre cette idée exécutable en travaillant séparément les zones concentriques (β).....	75
*	(β) [Citation du passage de l' <i>Éloge de Buffon</i> où Condorcet indique la <i>séparation des zones concentriques des lentilles échelonnées</i> , comme moyen d'en faciliter l'exécution et de corriger en même temps l' <i>aberration de sphéricité</i> .].....	75
4.	Premier essai d'une <i>lentille composée</i> [de 0 ^m ,55 en carré] dont les éléments ont été collés sur une <i>glace-support</i> . — Mieux vaudra les coller par leurs bords, et les maintenir dans un cadre en cuivre..	76
5.	Disposition la plus avantageuse d'un <i>phare dioptrique</i> : — un foyer lumineux occupant le centre d'un prisme droit formé de 8 panneaux lenticulaires carrés, embrassant tous les rayons focaux compris dans une zone équatoriale de 45 degrés.....	77
6.	Moyen d'utiliser à l'aide de miroirs les rayons divergeant au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique.....	77
7-8.	Nécessité de concentrer au foyer d'un appareil de ce genre beaucoup de lumière sous un volume peu considérable; — problème heureusement résolu par Arago et Fresnel, à l'aide de <i>becs de lampe à mèches concentriques</i> . — Le <i>bec quadruple</i> , alimenté d'huile avec surabondance, a soutenu, sans être mouché, une combustion de 14 heures.....	78
9.	Ce <i>bec quadruple</i> , de 0 ^m ,9 de diamètre, équivalent à 20 becs ordinaires de quinquet, et consommant 800 grammes d'huile, occuperait le centre focal de l'appareil d'éclairage. — Dépense d'huile comparée à celle de quelques grands phares, etc. — Croquis de l'appareil. (Voyez pl. II.).....	79
10.	La <i>lentille d'essai</i> [de 0 ^m ,55 en carré et de 0 ^m ,70 de foyer], illuminée par le bec quadruple, projette un éclat équivalent, dans l'axe, aux $\frac{2}{3}$ de celui d'un réflecteur de surface presque double. — En doublant la surface lenticulaire, on aura un éclat-trois fois et demie aussi intense que celui d'un grand réflecteur de Lenoir, et équivalent à plus de quatre fois le maximum d'éclat du grand réflecteur à double effet de Bordier-Marcet.....	81
11.	<i>Durée des éclats</i> . — Celle de la grande lentille excédera de $\frac{1}{2}$ environ celle de deux grands réflecteurs accouplés.....	81

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

PAGES.

VI. 12.	<i>Effets utiles comparés des grandes lentilles et des grands réflecteurs. — L'effet utile d'une grande lentille [de 0^m,76 en carré] sera triple de celui des grands réverbères.</i>	82
13.	Le <i>poids</i> de ces lentilles ne serait pas plus considérable que celui des grands réflecteurs.	83
14.	Le <i>prix</i> de 1,000 francs que coûterait la lentille est celui des grands réflecteurs de Bordier-Marcet.	83
15.	<i>Inaltérabilité</i> des pièces en verre du système lenticulaire.	84
16.	L'auteur conclut en proposant la construction d'un <i>phare à feux tournants, composé de 8 lentilles de 0^m,76 de côté, illuminées par un bec quadruple placé au centre du tambour octogonal.</i>	84
	On donnerait aux <i>phares</i> de cet appareil un caractère particulier en divisant 2 des 8 lentilles en deux moitiés, dont les axes ne seraient séparés que par un intervalle de 22° $\frac{1}{2}$. (Voyez fig. 1, pl. III).	84
	Il conviendrait que l'essai du nouveau phare ne fût pas confié à un entrepreneur et qu'une <i>régie administrative</i> remplaçât l' <i>entreprise à forfait</i> pour l'éclairage des côtes (β).	86
	* (β) [Résumé de l'avis de la Commission extrait des registres du secrétariat. — Approbation du projet d'A. Fresnel pour être appliqué au renouvellement du phare de Cordouan.].	86

NOTE I. — ESTIMATION APPROXIMATIVE DE LA DÉPENSE ANNUELLE QUE NÉCESSITERAIENT L'ÉCLAIRAGE ET L'ENTRETIEN DU SYSTÈME LENTICULAIRE.

Service annuel de l'appareil lenticulaire projeté, évalué par l'auteur à 6,500 francs, ou au plus à 9,000 francs, c'est-à-dire à moins de la moitié des frais du service du phare de Cordouan (α).	87
* (α) [Observations sur cette évaluation incomplète.].	87

NOTE II. — APPLICATION DES VERRES CONVEXES À UN PHARE À FEU FIXE (α).

* (α) [Observation sur cette Note très-importante que l'auteur avait écartée, ainsi que l'indique une apostille de son manuscrit.].	88
--	----

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

008

PAGES.

PAGES.

Les éléments des *lentilles fixes* seraient cylindriques (β). — Comparai-
son avec les *réflecteurs* d'effet équivalent. — La dépense du système
dioptrique serait moindre et la lumière serait beaucoup plus uni-
formément répartie sur l'horizon. 88

* (β) [Faute des équipages nécessaires pour les exécuter sous la forme
annulaire normale.] 88

PROCÈS-VERBAL DES OBSERVATIONS FAITES À CHÂTENAY,

À 1300 TOISES DE L'ARC DE TRIOMPHE DE L'ÉTOILE,

SUR LE PHARE LENTICULAIRE À FEUX TOURNANTS

DE L'INVENTION D'AUGUSTIN FRESNEL (α).

[Nuit du 7 au 8 septembre 1821.]

* (α) [Note explicative sur ce procès-verbal. — Il fixe la date du *premier essai*
d'un phare lenticulaire.] 91

Feu fixe. — Intermittences attribuées par les observateurs au brouil-
lard ⁽¹⁾, etc. 91

⁽¹⁾ [Apostille d'A. Fresnel qui explique ces intermittences.] 92

Tableau des *phases des feux tournants*. — *Faux éclats* ⁽¹⁾. — *Durées rela-*
tives des éclats et des éclipses. 92

⁽¹⁾ [Note d'A. Fresnel, — 1° sur les *faux éclats* : ils sont produits par les
glaces de la lanterne et disparaîtraient si l'on inclinait un peu ces glaces;
— 2° sur la *durée relative des éclats et des éclipses*.] 93

Grands feux. [Figure présentant la section horizontale de l'appareil
mixte composé de 6 *grandes lentilles* et de 4 *demi-lentilles*.] —
Moyens feux. — *Disposition des lentilles*. — *Tableau des intervalles de*
temps qui séparent les milieux des feux principaux du phare. 95

NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES.

VIII (A). MÉMOIRE SUR UN NOUVEAU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE DES PHARES,

lu à l'Académie des sciences le 29 juillet 1822 (α).

* (α) [<i>Note préliminaire</i> sur ce Mémoire, le plus important du Recueil. — Antérieur de cinq ans à la mort de l'auteur, il ne présente pas l'exposé complet de son système de phares. — Principales lacunes.].....	97
1. Instruction de la <i>Commission des phares</i> [1811]. — Décision [du 21 juin 1819] par laquelle MM. Mathieu et A. Fresnel furent adjoints à Arago, pour les expériences projetées dans le but d'améliorer l'éclairage des phares.....	97
2. L'auteur dès l'abord songea à substituer des lentilles aux réflecteurs paraboliques. — Essai avorté d'un phare lenticulaire en Angleterre. [Le phare de l'île de Portland. — Voyez N° VI, p. 73.].....	99
3. D'après Bouguer, les lentilles de médiocre épaisseur n'absorbent qu'une faible partie des rayons incidents.....	99
4. Graves inconvénients des lentilles à liquides.....	99
5-6. Idée de subdiviser les lentilles de verre en zones concentriques, pour en diminuer l'épaisseur.....	100
7. La priorité de cette idée appartient à Buffon. — Citation du passage où elle se trouve consignée dans son <i>Histoire des minéraux</i>	100
8. Mais il n'avait pas songé qu'une grande lentille échelonnée ne pouvait être exécutée qu'en séparant préalablement ses zones concentriques.....	102
9. Il n'avait pas fait attention non plus aux facilités qu'offrirait cette séparation des anneaux pour corriger l'aberration de sphéricité... ..	102
10. C'est par le physicien Charles que l'auteur fut averti de la priorité de Buffon dans l'invention des lentilles à échelons (α).....	103
* (α) [Condorcet avait également devancé Fresnel quant à la double idée de travailler séparément les zones concentriques, et de profiter de cette division pour atténuer l'aberration de sphéricité. — Renvoi à l'Introduction pour ce qui concerne sir David Brewster.].....	103

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

MÉTHODES
ET
GRAPHES.

PAGES.

1 (A). N'ayant pas d'équipages mécaniques pour la taille des <i>surfaces annu-</i>	
14. <i>laïres</i> des zones lenticulaires, l'auteur s'est décidé à les composer, pour un premier essai, d'un assemblage polygonal d'éléments <i>plans-convexes</i> , à <i>courbure sphérique</i> , qui ont été exécutés au bassin, et réunis par leurs bords avec la colle de poisson. C'est ainsi que M. Soleil père a exécuté une première lentille, dite <i>polygonale</i> , de 0 ^m ,55 de côté, — puis une grande lentille de 0 ^m ,76 en carré.	103
18. Succès des premiers essais du nouveau système d'éclairage. — Décision prise par M. Becquey pour la construction d'un appareil composé de 8 grandes lentilles tournantes. — Progrès essentiel résultant de l'exécution, sous <i>forme annulaire</i> , des zones concentriques des lentilles échelonnées. — Concours <i>empressé</i> de M. Tassaert, directeur de la manufacture de glaces de Saint-Gobain. — Composition des nouvelles lentilles de 0 ^m ,76 de côté.	105
Disposition du tambour octogonal dioptrique de 0 ^m ,92 de rayon. — Il occupe une zone équatoriale de 45 degrés, et transmet $\frac{1}{2}$ environ de la partie de la sphère lumineuse non occultée par le bec de la lampe focale.	107
21. <i>Effets utiles</i> comparés des <i>lentilles</i> et des <i>réflecteurs</i>	108
23. Production de la <i>lumière focale</i> au moyen d'un <i>bec de lampe à mèches concentriques</i> [suivant l'idée de Rumford (α)]; — ce bec, alimenté avec surabondance comme dans les lampes de Carcel. — Problème heureusement résolu par Fresnel et Arago.	109
* (α) [Ou plutôt de Guyton de Morveau. — Voyez <i>Annales de chimie</i> , 1 ^{re} série, t. XXIV, p. 312.]	110
<i>Bec quadruple</i> de 9 centimètres de diamètre brûlant 1 livre $\frac{1}{2}$ d'huile à l'heure. — La <i>durée des éclats</i> , observée à 6 lieues marines, est à peu près le sixième de celle des <i>éclipses</i>	111
On a dû renoncer à <i>prolonger les éclats</i> en rapprochant ou éloignant les lentilles du centre focal.	112
27. Solution de ce problème à l'aide d'un système de 8 <i>lentilles additionnelles surmontées de miroirs plans</i> pour recueillir et projeter sur l'horizon les rayons focaux divergeant au-dessus du tambour dioptrique.	

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS ET PARAGRAPHES.	PAGES.
VIII (A). En écartant les méridiens des petites lentilles de ceux des grandes, on double la durée des éclats (α).....	112
* (α) [Note de l'éditeur sur d'autres combinaisons accessoires postérieurement imaginées par A. Fresnel. — Renvoi à l'Introduction quant à la priorité de sir David Brewster.].....	113
28. Difficulté de recueillir, sans entraver le service de la lampe, les rayons divergeant au-dessous du tambour dioptrique. (Voyez le post-scriptum de la page 125.).....	114
29-31. Comparaison des grandes lentilles de 0 ^m ,76 en carré avec les grands réflecteurs de Lenoir, sous le triple rapport du maximum d'éclat, de l'effet utile, et de l'effet économique ⁽¹⁾	114
⁽¹⁾ [La substitution du bec triple au bec quadruple accroîtrait l'effet économique, mais diminuerait trop l'intensité et surtout la durée des éclats. — A réserver pour les phares de deuxième ordre.].....	115
32. Avantage très-important résultant de l'inaltérabilité des lentilles....	116
33. L'immobilité de la lumière centrale permet d'y appliquer le gaz ⁽¹⁾ et tous les perfectionnements qui pourront être apportés à la production de la lumière (α).....	117
⁽¹⁾ [Prochain essai d'un bec à gaz à 6 flammes concentriques. — Développements à ce sujet.].....	117
(α) [Prévision réalisée par la récente application de la lumière électrique à l'illumination des appareils dioptriques.].....	117
34-39. Récapitulation et examen des principaux inconvénients qui pourraient être reprochés au nouveau système : — 1° la fragilité des verres ? ils sont d'une forte épaisseur ; — 2° l'extinction fortuite de l'unique lampe focale ? elle sera immédiatement remplacée par une lampe de rechange ; — 3° l'arrêt du mécanisme de la lampe ? la substitution d'un poids au ressort moteur doit rendre ce cas fort rare, et la sonnerie du réveil avertira le gardien que l'huile cesse de monter. — Description de ce réveil.....	117
40. Appareils dioptriques à feu fixe. — Ils seraient supérieurs aux phares catoptriques. — L'auteur ne les mentionne d'ailleurs que pour mémoire, attendu que la Commission s'est prononcée pour les phares à feux changeants. — Moyen de les diversifier tant par la durée des révolutions, que par des inégalités périodiques dans leurs phases. —	

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

PAGES.	
121	La coloration des feux écartée comme réduisant trop leur intensité ⁽¹⁾
122	⁽¹⁾ [Combinaison d'un caractère bien tranché : 16 demi-lentilles tournantes surmontées de 8 lentilles additionnelles avec miroirs, etc.].....
123	Grande lentille échelonnée employée avec succès par MM. Arago et Mathieu, dans leurs opérations géodésiques de l'automne dernier [1821], entre la France et l'Angleterre.....
124	Ces lentilles pourront servir comme verres ardents à diverses expériences de physique et de chimie.....
124	Encouragements donnés par l'Administration pour l'établissement des machines nécessaires à cette fabrication toute nouvelle. — Premier essai (en septembre 1821) d'un appareil dioptrique dont les panneaux lenticulaires étaient formés d'éléments à courbure sphérique exécutés au bassin. — Le second appareil à mettre en expérience est composé de lentilles à zones annulaires. — Dans une première observation, faite à la distance de 2400 toises, la durée des éclats était égale à la moitié de celle des éclipses.....
125	POST-SCRIPTUM. — Combinaison accessoire pour prolonger les éclats : — les rayons focaux divergeant au-dessous du tambour dioptrique seraient recueillis et projetés en 8 faisceaux horizontaux à l'aide de réflecteurs formés d'un assemblage de petites glaces étamées qui seraient étagées comme les feuilles d'une jalousie, etc. (α).....
126	* (α) [Note de l'éditeur sur cette combinaison que l'inventeur n'a pas réalisée. — Elle se trouve rappelée dans la lettre à M. Robert Stevenson, N° XV, p. 206.].....

3). NOTE SUR LES BECS À MÈCHES CONCENTRIQUES,

extraite des *Annales de chimie et de physique*, cahier du mois d'avril 1821.

Les premières études d'Arago et de Fresnel pour l'amélioration des appareils d'éclairage ont eu pour objet les becs à plusieurs mèches, suivant l'idée de Rumford (β)..... 127

* (β) [Ou plutôt de Guyton de Morveau. — Voyez *Annales de chimie*, 1^{re} série, t. XXIV, p. 312.]..... 127

VIII(B). <i>Nécessité d'alimenter ces becs avec surabondance au moyen d'un mécanisme de Carcel. — Appareil provisoire, formé d'un réservoir supérieur à écoulement continu. — Cheminée de cristal coiffée d'un obturateur à clef.</i>	127
Chacune des mèches concentriques s'élève et s'abaisse indépendamment des autres	129
Détermination de l'écartement des mèches. — Premier bec d'essai à 2 mèches concentriques, équivalent à 5 becs de quinquet; — applicable aux grands réflecteurs.	130
Les becs à 3 et à 4 mèches, réservés pour les appareils lenticulaires.	131

VIII(C). EXPLICATION DES PLANCHES.

Explication de la première planche. [Voyez la planche IV.]	133
Explication de la deuxième planche. [Voyez la planche V.]	135

VIII(D). PROCÈS-VERBAL DE L'EXPÉRIENCE FAITE PAR LA COMMISSION DES PHARES SUR L'APPAREIL DESTINÉ À L'ÉCLAIRAGE DU PHARE DE CORDOUAN.

[20 août 1822.]

MM. Halgan, de Rossel, Sganzin et Rolland ont observé de Notre-Dame de Montmélian les phases de l'appareil lenticulaire tournant placé à 16,400 toises de distance, sur l'arc de triomphe de l'Étoile. — Éclats très-brillants.	137
Pour les éclats se succédant de minute en minute : <i>durée</i> , 20 secondes; <i>éclipse</i> , 40 secondes. — Éclats se succédant de 45 en 45 secondes : <i>durée</i> , 15 secondes; <i>éclipse</i> , 30 secondes.	138
Observée à travers un prisme de cristal de roche achromatisé, l'apparition de la double image avait à peu près même durée; à travers deux prismes donnant 4 images, le <i>petit éclat</i> était à peine visible, mais le <i>grand éclat</i> était encore assez brillant.	138

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

ROS
PHRS.

PAGES.

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE

SUR UN NOUVEAU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE DES PHARES,

PAR AUGUSTIN FRESNEL.

[*Bulletin de la Société philomathique*, cahier d'août 1822.]

.....⁽ⁿ⁾ 139

APPENDICE AU MÉMOIRE SUR UN NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES.

A). NOTE SUR L'APPAREIL LENTICULAIRE À FEUX TOURNANTS,
IMAGINÉ PAR A. FRESNEL (α).

[Adressée au major Colby le..... 1823.]

* (α) [Réponse, ainsi que la Note suivante, aux questions du major Colby, qui avait concouru, avec MM. Kater, Arago et Mathieu, à rattacher la mesure de la méridienne de France à la triangulation faite en Angleterre.] 147

Résumé des faits relatés et des observations présentées dans le Mémoire N° VIII (A). — Prix de l'appareil lenticulaire tournant de 1^{er} ordre : 25,000 francs. — Machine de rotation : 3,000 à 3,500 francs..... 147

B). NOTE SUR LE PRIX DES APPAREILS LENTICULAIRES.

[Complément de la Note précédente. — 19 mars 1823.]

Détail estimatif d'un appareil lenticulaire tournant [de 1^{er} ordre], montant, en nombre rond, à 25,000 francs. — Le prix serait le même si aux 8 grandes lentilles on substituait 16 demi-lentilles. 151

On pourrait aussi, avec des lentilles, faire un *phare à feu fixe*. — Le prix serait de 21,000 à 22,000 francs..... 152

Il a paru inutile de produire pour cet Extrait une analyse qui eût fait double emploi avec celle du I (A).

X (C). RÉPONSE AUX QUESTIONS DU BARON DE F'AGEL,

MINISTRE DES PAYS-BAS.

[3 mai et 1^{er} septembre 1824.]

Noms et adresses des artistes qui concourent à la fabrication des phares lenticulaires.	153
Détail estimatif d'un appareil à feux tournants, tel que celui de Cordouan. — Cette estimation s'élève, y compris les pièces de rechange, à 28,262 francs.	153
Un phare dioptrique à feu fixe, donnant sous tous les méridiens une lumière de 300 becs, coûterait 23,000 francs.	155
OBSERVATIONS GÉNÉRALES. — <i>Feu fixe additionnel</i> du phare de Cordouan, de 4 lieues marines de portée. — L'auteur a trouvé cette combinaison accessoire préférable à celle des conoïdes de miroirs suspendus aux lentilles tournantes. [Voyez N° VIII (A), p. 125.] . . .	155
Portée extrême du phare de Cordouan, 11 lieues marines; — durée des éclats, 20 secondes; — des éclipses, 40 secondes (à 7 lieues).	155
Appareil additionnel pour prolonger les éclats (aux dépens de l'intensité). (Voyez N° XIV, p. 199.)	156
On obtiendrait le même effet avec un bec à gaz à 5 couronnes. [Voyez N° XXII (B) ² , p. 314.]	156
Phare à 16 demi-lentilles tournantes. — Ses avantages. — Il offre un caractère bien tranché, etc.	157
Dimensions de l'appareil. — Questions relatives à leur réduction.	157
Perfectionnements apportés dans la construction des lentilles, etc.	158
Résumé des principaux avantages du nouveau système de phares.	158

X (D). NOTES SUR LE CALCUL DES LENTILLES ÉCHELONNÉES.

[Extraites des minutes de calculs d'A. Fresnel (α).]

* (α) [Note préliminaire de l'éditeur. — Résumé des principes sur lesquels reposent ces calculs. — Profil avec table des éléments d'une lentille de 1 ^{er} ordre.]	160
---	-----

Calculs relatifs à la grande lentille de 0 ^m ,76 de côté, avec <i>trois figures</i> explicatives.	160
---	-----

RENOUVELLEMENT DE L'APPAREIL D'ÉCLAIRAGE DU PHARE DE CORDOUAN.

A). RAPPORT AU DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES SUR LE RENOUVELLEMENT DE L'APPAREIL D'ÉCLAIRAGE DU PHARE DE CORDOUAN (α).

[12 septembre 1823.]

* (α) [<i>Note historique</i> sur cette mémorable inauguration du nouveau système de phares. — Renvoi à l' <i>Introduction</i> .]	167
--	-----

L' <i>appareil lenticulaire tournant</i> , installé avec le concours de MM. Hans, Wagner et Tabouret, a été allumé et a fonctionné à dater du 25 juillet 1823	168
---	-----

<i>Feu provisoire</i> entretenu pendant les trois nuits précédentes.	168
---	-----

Observations faites en mer par l'auteur. — Le <i>petit feu fixe</i> additionnel a été vu jusqu'à la distance de 4 lieues marines.	169
--	-----

<i>Grands éclats</i> vus par les pilotes jusqu'à la distance de 8 à 9 lieues; — évalués au <i>décuple des éclats des grands réflecteurs de Lenoir</i> ; — ce qui répondrait à une <i>portée triple</i>	170
---	-----

<i>Dépense d'huile</i> réduite à moitié.	171
---	-----

B). * OBSERVATIONS DES PILOTES SUR LE NOUVEAU FEU DE LA TOUR DE CORDOUAN.

[27 août 1823.]

<i>En résumé</i> , les pilotes ont reconnu que le nouveau feu était très-supérieur à l'ancien; — ils regrettent seulement que, à la distance de 6 lieues, la durée des éclats soit aussi courte; — ils désireraient qu'elle pût être portée à 20 secondes.	173
---	-----

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

PAGES.

XI (C).

NOTE SUR LA VISITE DU PHARE DE CORDOUAN

FAITE PAR M. ROBERT STEVENSON,

le 12 septembre 1824.

M. Robert Stevenson, ingénieur des phares d'Écosse, après avoir recueilli à Paris les renseignements les plus complets sur les <i>appareils lenticulaires</i> , est allé faire un examen détaillé de celui de Cordouan.	177
Don fait à la tour de Cordouan, par cet ingénieur, d'un exemplaire de la <i>Description du phare de Bell-Rock</i>	177
Observation d'A. Fresnel sur un passage de cet ouvrage (p. 527), qui attribue au docteur Brewster l' <i>invention des phares lenticulaires</i> (α)...	178
* (α) [<i>Note de l'éditeur sur cette question de priorité</i>].	178

DESCRIPTION ET ESSAI D'UN APPAREIL TOURNANT À SEIZE DEMI-LENTILLES.

XII (A).

APPAREIL DIOPTRIQUE DIT LENTICULAIRE,

IMAGINÉ PAR A. FRESNEL POUR SERVIR À L'ÉCLAIRAGE DES PHARES (α).

[Octobre 1823.]

* (α) [<i>Annonce rédigée à l'occasion de l'essai d'un appareil à 16 demi-lentilles. — Coupe équatoriale du tambour dioptrique d'après une épure de l'auteur. — Observations de l'éditeur</i>].	181
<i>Composition de l'appareil. — Les 16 demi-lentilles sont surmontées de 8 lentilles additionnelles avec miroirs plans. — Caractère qui en résulte pour les phases de l'appareil tournant.</i>	181

XII (B).

PROJET DE PROGRAMME POUR L'EXPÉRIENCE

DU 9 OCTOBRE 1823.

Objet de cette expérience. — Effets à comparer des <i>phares tournants à 8 et à 16 lentilles verticales</i>	184
---	-----

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

énos
L
APHES.

PAGES.

B). <i>Composition optique de l'appareil</i> : — 1° 16 demi-lentilles; — 2° au-dessus, 8 lentilles additionnelles avec miroirs; — 3° au-dessous, appareil accessoire à feu fixe	184
<i>Changements à opérer</i> : — 1° On couvrira et découvrira les 8 demi-lentilles dont l'éclat ne se trouvera pas prolongé par les lentilles additionnelles; — 2° on couvrira et découvrira le feu fixe ⁽¹⁾	184
⁽¹⁾ [<i>En note</i> : — Lettre d'A. Fresnel à M. Sganzin, au sujet de cette expérience.]	185

(C). * EXPÉRIENCE FAITE À MONTMÉLIAN,

À 17,400 TOISES DE L'ARC DE TRIOMPHE DE L'ÉTOILE.

[9 octobre 1823.]

Rappel de la description et du programme ci-dessus.	186
Tableau d'observations, signé : L. Mathieu et Rossel [membres de la Commission des phares].	187

ÉTUDES ET EXPÉRIENCES RELATIVES AUX MACHINES DE ROTATION À VOLANT-PENDULE, APPLICABLES AUX PHARES À ÉCLIPSES.

I (A). EXTRAIT D'UN RAPPORT SUR LE SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE À ADOPTER POUR LE PHARE DU FOUR (α).

[14 janvier 1821.]

* (α) [*Note préliminaire de l'éditeur* sur ces extraits et fragments ayant pour objet une très-importante amélioration, apportée par A. Fresnel aux machines de rotation des phares. — Il ne s'agissait encore, pour le *phare du Four*, que d'un *appareil catoptrique tournant*.] 189

Question du choix de la machine à adopter. — Complication de la machine de M. Wagner. — Grave inconvénient des chocs de l'échappement 190.

Avantages d'une machine à *volant-régulateur* pour l'application dont

XIII (A).	il s'agit, où de légères inégalités dans la durée des révolutions ne tireraient pas à conséquence.....	191
	On pourrait d'ailleurs, en combinant le <i>pendule conique</i> avec le <i>volant</i> , obtenir toute la régularité désirable.....	192
	L'auteur propose à la Commission de faire préalablement l'essai de cette combinaison.....	192

XIII (B). CALCUL SUR LE PENDULE RÉGLÉ PAR LA FORCE CENTRIFUGE.

[Avril 1822.]

Calcul de la longueur du <i>pendule conique</i> pour une durée de révolution d'une <i>seconde</i> et d'une <i>demi-seconde</i> . — Deux croquis de <i>pendule conique avec ailes de volant</i>	193
--	-----

XIII (C). EXPÉRIENCES SUR UNE MACHINE DE ROTATION À VOLANT-PENDULE APPLIQUÉE À UN APPAREIL À SEIZE DEMI-LENTILLES (α).

* (α) [Note sur cette machine, exécutée par M. Lepaute. — Renvoi à la planche VI. — Description sommaire du <i>volant-pendule</i> .].....	195
Deux séries d'expériences faites le 11 et le 12 février 1825. — En modifiant convenablement les ailes du volant, on est arrivé à régler, à 3 ou 4 secondes près, une révolution de 8 minutes.....	195

XIV. LETTRE D'A. FRESNEL À M. MARITZ FILS, ENTREPRENEUR DE L'ÉCLAIRAGE DES PHARES DE HOLLANDE.

[21 juillet 1824.]

Maintien du programme relatif à l'éclairage du phare d'Oostvoorne..	199
Question relative à l'emploi d'un <i>système additionnel intérieur de petites lentilles cylindriques</i> pour prolonger les éclats des grandes lentilles....	199
* (α) [Note de l'éditeur sur ce système accessoire, auquel l'inventeur a fini par renoncer.].....	199

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

	PAGES.
Disposition nouvelle pour faciliter le nettoyage des lentilles additionnelles et des miroirs. — <i>Figure</i>	200
<i>Appareil de deuxième ordre à feu fixe</i> [de 1 ^m ,40 de diamètre intérieur], proposé pour le phare d'Urk.....	200
Un appareil qui n'aurait que 1 mètre de diamètre nécessiterait le déplacement de la lampe pour l'allumage (α), etc.....	201
* (α) [<i>Erreur relevée par l'éditeur</i>].	201
Proposition d'établir à Nieuport un appareil tournant de 2 ^e ordre à 16 demi-lentilles. — Réduction des $\frac{2}{3}$ sur l'intensité des éclats de 600 becs, par l'addition de <i>glaces rouges</i> . — 8 ou 16 lentilles additionnelles. — <i>Esquisse de l'appareil</i> . (Voyez pl. VII.).....	202
1 ^{er} P. S. — Demande du dessin d'une lanterne de phare hollandais.	203
2 ^e P. S. — Éclat des lentilles additionnelles de 2 ^e ordre. — Observation sur la <i>portée relative des feux fixes et des feux tournants</i>	204

LETTRE D'A. FRESNEL À M. ROBERT STEVENSON,

INGÉNIEUR DES PHARES D'ÉCOSSE.

[26 avril 1825.]

Envoi d'exemplaires de l' <i>Extrait du Mémoire sur la double réfraction</i> , pour MM. Stevenson, Brewster et Leslie.....	205
Progrès dans la fabrication des <i>lentilles polygonales</i> . — Accroissement de plus de moitié dans l'intensité des éclats, d'après l'expérience faite en présence du prince Wolkonsky.....	205
<i>Nouvelle combinaison accessoire</i> consistant à remplacer, dans les phares tournants, le système des lentilles additionnelles avec miroirs plans par des conoïdes formés de zones étagées de glaces légèrement courbes (α)......	206
* (α) [<i>Note de l'éditeur sur cette nouvelle combinaison</i> . — <i>Figure explicative</i> . Voyez pl. VIII.].....	206
<i>Petit phare à feu fixe</i> de Dunkerque, installé depuis le 1 ^{er} février....	207
La Commission des phares discute le <i>Système général d'éclairage des côtes de France</i>	207

APPAREIL DIOPTRIQUE DE TROISIÈME ORDRE À FEU FIXE
PROVISOIREMENT INSTALLÉ À DUNKERQUE.

XVI (A). NOTE SUR UN PETIT PHARE LENTICULAIRE DE TROISIÈME ORDRE
À FEU FIXE.

[*Bulletin de la Société philomathique*, cahier d'avril 1824.]

Appareil présenté à l'Académie des sciences le 3 mai 1824.....	209
<i>Description</i> de l'appareil de 0 ^m ,50 de diamètre à zones <i>polygonales</i> . — (Voyez pl. IX.).....	210
<i>Essai photométrique</i> (avant l'exécution de la rangée inférieure de len- tilles additionnelles). — Éclairé par un bec à 2 mèches, l'appareil donnait une lumière de 48 becs dans les milieux des 16 facettes, et de 28 becs seulement dans les méridiens des 8 montants....	210
Construit sur une échelle quadruple (c'est-à-dire de 1 ^{er} ordre), un appareil de même système, avec lampe à 4 mèches, présenterait un éclat moyen de 300 becs dans tous les azimuts.....	211

XVI (B). LETTRE D'A. FRESNEL À M. BECQUEY,
DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

[3 octobre 1824.]

Avis de l'achèvement de l'appareil de Dunkerque. — Mesures propo-
sées pour son installation, qui serait confiée à M. Soleil fils, etc.: 213

XVI (C). LETTRE D'A. FRESNEL À M. BECQUEY.

[4 novembre 1824.]

Avis de l'installation de l'appareil *dioptrique à feu fixe* sur la tour de
l'Heuguenar, à Dunkerque. — Proposition de l'allumer à dater du
1^{er} février 1825..... 215

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

PAGES.

NOTE SUR LES PHARES.

[1825.]

Notions générales sur l'éclairage des côtes maritimes. — Deux espèces de feux, <i>fixes</i> et <i>tournants</i>	216
<i>Appareils lenticulaires</i> imaginés par A. Fresnel, appliqués d'abord aux <i>phares à éclipses</i> , puis, avec un égal succès, aux <i>phares à feu fixe</i> . — Combinaisons optiques du <i>petit appareil de Dunkerque</i> , dont la partie accessoire est <i>dioptrique</i> et <i>catoptrique</i>	217

APPAREILS DIOPTRIQUES DE PREMIER ORDRE À FEU FIXE, AVEC SYSTÈME ACCESSOIRE CATOPTRIQUE.

LETTRE D'A. FRESNEL À M. SOLEIL (α).

[14 mai 1825.]

* (α) [<i>Note préliminaire de l'éditeur</i> . — Il fait observer que cette lettre administrative n'est reproduite que comme fixant une date et pouvant servir de texte aux indications sommaires qu'il va donner (en l'absence de toute Note de l'auteur) sur les dernières combinaisons imaginées par Fresnel pour les <i>appareils dioptriques à feu fixe</i> . — Suivent ces notions théoriques. — Renvoi à la planche X. — Observation finale sur les <i>appareils catadioptriques</i> .].....	219
Rappel de la décision administrative du 4 septembre 1824, relative à la construction d'un <i>appareil lenticulaire de 1^{er} ordre à feu fixe</i> , pour le phare de Chassiron. — Quatorze autres appareils semblables à exécuter.....	219
Tableau des <i>largeurs et rayons de courbure</i> des éléments du tambour dioptrique de l'appareil.....	222

APPAREILS À FEU FIXE VARIÉ PAR DES ÉCLATS (α).

XVIII (A). EXPÉRIENCES SUR UN APPAREIL DIOPTRIQUE À FEU FIXE,
VARIÉ PAR DES ÉCLATS PRÉCÉDÉS ET SUIVIS DE COURTES ÉCLIPSES.

* (α) [*Note de l'éditeur*, pour suppléer à l'absence d'une Notice d'A. Fresnel sur cette nouvelle combinaison. — Citation d'un passage de son Rapport (N° XIX) sur les caractères distinctifs des feux, où se trouve indiqué ce nouveau moyen d'en varier les apparences. — *Figure* explicative présentant les coupes verticale et horizontale d'un *tambour dioptrique à feu fixe*, autour duquel tournent 3 panneaux lenticulaires à éléments cylindriques verticaux.] 223

1^{re} CONVOCATION DE LA COMMISSION DES PHARES [du 8 mai 1825], pour l'essai de cette combinaison sur un petit appareil de 3^e ordre semblable à celui de Dunkerque. 223

2^e CONVOCATION [du 15 mai 1825] 226

PROGRAMME DE L'EXPÉRIENCE : — On produira successivement des éclats de 3 en 3, et de 4 en 4 minutes. 226

EXPÉRIENCES des 11 et 18 mai 1825, sur le petit appareil à feu fixe du 3^e ordre, de 0^m,50 de diamètre, modifié par des *lentilles mobiles*, produisant de petits éclats précédés et suivis chacun d'une courte éclipse. 227

EXPÉRIENCE du 11 mai. — L'appareil était placé à Corneilles, à trois lieues et demie de l'Observatoire. — Le mouvement lent a paru préférable au mouvement rapide. 227

EXPÉRIENCE du 18 mai. — L'appareil était placé sur le mont Valérien, à 10 kilomètres de l'Observatoire. — La Commission a trouvé d'un effet satisfaisant l'emploi de 3 lentilles mobiles, faisant apparaître de 4 en 4 minutes un *éclat* durant 15 secondes, précédé et suivi d'éclipses de 25 secondes. 227

XVIII (B).

EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL

DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES

du 20 mai 1825.

Reprise de la discussion du système général de l'éclairage des côtes de

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

108

PAGES.

(B). France. — Question des <i>feux fixes à éclats</i> . — La Commission se prononce pour la combinaison de 3 lentilles cylindriques tournant en 12 minutes autour d'un appareil dioptrique à feu fixe.....	229
---	-----

CARACTÈRES DISTINCTIFS DES PHARES.

(A). RAPPORT SUR LES CARACTÈRES DISTINCTIFS DE DIVERS APPAREILS D'ÉCLAIRAGE QU'ON PROPOSE D'EMPLOYER SUR LES CÔTES DE FRANCE DANS LE PROJET GÉNÉRAL SOUMIS À LA COMMISSION.

[Présenté à la Commission des phares le 22 avril 1825.]

Pour prévenir la confusion, faire alterner les *feux fixes* et les *feux tournants*..... 231

Le *tableau général* comprend deux espèces de *feux tournants* : à 8 et à 16 lentilles. — Ces derniers comportent plus de variations que les premiers dans la durée de leur révolution. — Développements à ce sujet. — Le *tableau* suppose la révolution en 8 minutes des appareils à 8 et à 16 lentilles..... 232

Les 28 appareils de 1^{er} ordre (de 1^m,84 de diamètre) seront illuminés par des lampes à 4 mèches concentriques; — ceux de 2^e ordre (de 1^m,40 de diamètre), au nombre de 3, seront illuminés par des lampes à 3 mèches; — ceux de 3^e ordre (de 0^m,50 ou 1 mètre de diamètre) seront illuminés par des lampes à 2 mèches..... 234

Les feux de 3^e ordre seront *fixes*, à l'exception de celui du *cap Carteret*. — Sur les 13 autres, 7 seront à *courtes éclipses*..... 234

Le même caractère serait donné au phare de 2^e ordre de l'île de Sein. 236

NOTES ADDITIONNELLES À INSÉRER DANS LE RÉSUMÉ.

Dispositions relatives aux simples *feux de port*. — On les a supposés éclairés par un bec de quinquet placé au centre d'un *petit appareil lenticulaire* de 0^m,30 de diamètre (α), ou d'un *fanal sidéral* de Bordier-Marcet..... 236

* (α) [Vers la fin de la même année, Fresnel imagina de former la partie

NUMÉROS et PARAGRAPHES.		PAGES.
XIX (A).	accessoire de ces petits appareils dioptriques, d' <i>anneaux de verre à ré- flexion totale</i> . — Voyez N° XXI.].....	236
	Tous les <i>feux de port</i> ont été supposés <i>fixes</i>	236

XIX (B).

EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL

DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES

du 22 avril 1825 ^(*).

Discussion du rapport précédent. — Crainte exprimée par Arago que les *feux fixes variés par des éclats* ne présentent des apparences trop semblables à celles qui résultent des effets de la *scintillation*. — Réponse d'A. Fresnel. — La Commission juge que la question demande une expérience. 238

SYSTÈME GÉNÉRAL D'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

XX (A) * RAPPORT CONTENANT L'EXPOSITION DU SYSTÈME ADOPTÉ PAR LA
COMMISSION DES PHARES POUR L'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE
FRANCE, PAR LE CONTRE-AMIRAL DE ROSSEL.

[9 septembre 1825.]

Exposition, demandée par la Commission des phares, du système adopté par elle, dans sa séance du 20 mai 1825, pour l'éclairage des côtes de France. 241

§ I. — CONDITIONS À REMPLIR.

Comment les navigateurs peuvent être guidés pendant la nuit aux approches des côtes de France. — *Phares des trois premiers ordres et feux d'entrée de port*. 242

(*) Dans l'ordre chronologique, le N° XVIII aurait dû être précédé du présent article; mais, d'une part, il se rattache comme appendice au Rapport N° XIX (A), qui a lui-même une intime connexité avec le N° XX (A), et, d'un autre côté, les indications relatives à l'invention des *appareils à courtes éclipses* devaient précéder ces deux rapports.

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

PAGES.

A). § II. — MOYENS EMPLOYÉS POUR ÉCLAIRER LES PHARES ET VARIER LEURS APPARENCES.

<i>Réverbères paraboliques tournants</i> de Borda, employés au phare de Cordouan.....	245
Les miroirs paraboliques, difficilement applicables à la composition des <i>appareils à feu fixe</i>	247
Adjonction d'A. Fresnel à la Commission des phares. — <i>Invention du système des phares lenticulaires</i>	247
Perfectionnements apportés par Arago et Fresnel dans la construction des <i>lampes mécaniques à mèches concentriques</i>	248
Application du <i>système lenticulaire</i> aux phares des trois premiers ordres.	249
PHARES DU 1 ^{er} ORDRE : — de 2 mètres [^m 1,84] de diamètre intérieur; — illuminés par une lampe à 4 mèches concentriques, consommant 1 livre $\frac{1}{2}$ d'huile par heure.....	250
MOYENS DE DIVERSIFIER L'APPARENCE : — 1 ^o <i>Feux tournants à 8 lentilles</i> .	250
2 ^o <i>Feux tournants à 16 demi-lentilles</i>	251
3 ^o <i>Appareils à feu fixe</i>	252
PHARES DU 2 ^o ORDRE : — de ^m 1,40 de diamètre; — lampe à 3 mèches, consommant 450 grammes d'huile par heure. — Quatre phares tournants à 16 demi-lentilles, et un à courtes éclipses (<i>île de Sein</i>).	253
PHARES DU 3 ^o ORDRE : — de ^m 0,50 à 1 mètre de diamètre; — lampe à 2 mèches, consommant 190 grammes d'huile par heure. — Feux fixes et feux variés par de courtes éclipses.....	254
FEUX DE PORT : — de ^m 0,30 de diamètre; — bec d'Argant, brûlant 40 grammes d'huile par heure (α).....	256
* (α) [<i>Note de l'éditeur sur les appareils catadioptriques imaginés par Fresnel, vers la fin de 1825.</i>].....	256

§ III. — OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LA DISTRIBUTION DES FEUX.

<i>Espacement des feux</i> en raison de leur portée. — Cas d'exception....	258
<i>Faire alterner</i> par les phares de 1 ^{er} ordre les <i>feux fixes</i> et les <i>feux tournants</i>	258
<i>Enquêtes</i> relatives à l'éclairage des côtes de France. — Renseignements précieux fournis par un ancien Mémoire attribué à M. de Kérney (1776-1778).....	259

XX (A).

§ IV. — DISTRIBUTION DES FEUX SUR LES CÔTES DE FRANCE.

CÔTES DE LA MANCHE ET DE L'OcéAN. — Indication des feux <i>principaux</i> et des feux <i>secondaires</i> à établir sur toute cette étendue de côtes. — Discussion sur le <i>choix des emplacements</i> , sur le <i>caractère</i> et la <i>portée des feux</i> . (Voyez la carte des phares, pl. XVIII.)	261
CÔTES DE LA MÉDITERRANÉE. — Feux <i>principaux</i> et feux <i>secondaires</i> proposés. — Discussion	280

XX (B).

* AVIS DE LA COMMISSION DES PHARES.

[9 septembre 1825.]

Adoption du Projet général d'éclairage des côtes de France proposé par le contre-amiral de Rossel	285
---	-----

XX (C).

* RÉSUMÉ DU TABLEAU

DE LA DISTRIBUTION GÉNÉRALE DES FEUX SUR LES CÔTES DE FRANCE.

	PHARES.			FEUX de port.	
	1 ^{er} ordre.	2 ^e ordre.	3 ^e ordre.		
Côtes de la Manche	15	1	8	13	286
Côtes de l'Océan	10	4	6	16	287
Côtes de la Méditerranée	7	0	4	6	288
	<u>32</u>	<u>5</u>	<u>18</u>	<u>35</u>	

XX (D). * CIRCULAIRE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,

AUX PRÉFETS DES DÉPARTEMENTS MARITIMES.

[2 juin 1826.]

Envoi d'un nombre d'exemplaires du <i>Rapport</i> ci-dessus [XX (A)] avec la <i>Carte des phares</i> (pl. XVIII)	290
Distribution du Rapport. — Observations à transmettre au directeur général	290

FANEAUX CATADIOPTRIQUES À RÉFLEXION TOTALE.

(A). * NOTICE DE L'ÉDITEUR SUR LES APPAREILS CATADIOPTRIQUES

D'A. FRESNEL.

Point de Notice d'A. Fresnel sur ses <i>appareils catadioptriques à réflexion totale</i> ; un croquis, deux épreuves, des minutes de calculs, résultats d'expériences photométriques: tels sont les seuls documents que fournissent ses manuscrits sur cette nouvelle combinaison optique d'un si haut intérêt.....	293
Invention provoquée par le préfet de la Seine pour l'éclairage des quais du canal Saint-Martin. — Conditions à remplir.....	294
Substitution des <i>anneaux de verre à réflexion totale</i> au système accessoire de lentilles et de miroirs, inapplicable sur une aussi petite échelle.....	294
Première idée d'anneaux à section <i>quadrangulaire</i> . (Voyez pl. XI.) — <i>Profil triangulaire</i> définitivement adopté. (Pl. XII et XIII.).....	295
Composition des petits <i>fanaux de ville</i>	295
<i>Exécution en régie</i> des quatre appareils de ville, terminés au commencement de 1827.....	296
Application des <i>anneaux catadioptriques</i> à la partie accessoire des <i>fanaux d'entrée de port</i>	296
<i>Calcul du profil</i> des anneaux à réflexion totale; — <i>figure</i> explicative..	297
Les deux <i>faces réfractantes</i> profilées en arc de cercle, eu égard aux difficultés du rodage conique.....	300
Renvoi aux planches XI, XII et XIII, avec quelques observations, notamment sur la planche XII, qui présente une double étude pour les fanaux du canal Saint-Martin.....	300

(B). DÉTAIL ESTIMATIF D'UN RÉVERBÈRE CATADIOPTRIQUE

0^m,20 DE DIAMÈTRE POUR L'ÉCLAIRAGE DES QAIS DU CANAL SAINT-MARTIN (α).

[27 janvier 1826.]

* (α) [Document administratif reproduit comme pièce historique. — L'évaluation approximative, montant à 550 francs, ne comprend pas les len-

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.
XXI (B).

PAGES.

tilles mixtes des oreilles ou joues. — Une apostille autographe au crayon indique leur adoption ultérieure par l'inventeur.]. 302

EXPÉRIENCES SUR LES PETITS FANAUX CATADIOPTRIQUES.

XXI (C)¹. EXPÉRIENCE PHOTOMÉTRIQUE FAITE PAR A. FRESNEL.

[23 décembre 1826.]

Éclat maximum de la *joue gauche* : 30 forts becs de quinquet; — *joue droite* : 30 becs; — barre verticale du réflecteur : 6 becs $\frac{1}{2}$; — anneaux réfractants : 5, 4 becs, etc. 304

XXI (C)². EXPÉRIENCE SUR LE CÔNE DE LUMIÈRE PROJETÉ PAR L'OREILLE DU FANAL CATADIOPTRIQUE.

[31 janvier 1827.]

Intensité dans l'axe : 31,72 becs; — moyennes : 22,68 becs; — extrêmes : 4,34 becs. 305

XXI (C)³. NOTE [DERNIÈRE] SUR L'ESSAI DES FANAUX CATADIOPTRIQUES (α).

[Ville-d'Avray, fin de juin 1827.]

* (α) [Note de l'éditeur sur ce programme, dernier écrit d'A. Fresnel]. . . . 307

Éclairer les appareils avec des lampes équivalentes à un bec de lampe de Carcel. — *Croquis indicatif de l'espacement de ces fanaux sur le quai du canal Saint-Martin*. 308

EXPÉRIENCES SUR L'APPLICATION DE DIVERSES ESPÈCES DE GAZ À L'ILLUMINATION DES PHARES LENTICULAIRES (α).

* (α) [Note préliminaire de l'éditeur sur ces expériences. — Elles ont eu spécialement pour objet la *prolongation des éclats* des phares tournants. — Renvoi au N° XV, p. 107, et à la planche VII.]. 309

BEC À GAZ À TROIS COURONNES CONCENTRIQUES.

II (A)¹. EXPÉRIENCE SUR L'EFFET D'UNE GRANDE LENTILLE ANNULAIRE
ILLUMINÉE PAR UN BEC À TROIS COURONNES PERCÉES DE
SEPT RANGÉES DE TROUS.

[19 juin 1823.]

Intensité dans l'axe équivalente à la moitié de celle que donne le bec
quadruple à huile. 309
Le *gaz d'huile* est deux fois plus brillant que le *gaz de charbon* em-
ployé. — *Consommation*: 60 pieds cubes par heure. 310

II (A)². EXPÉRIENCE SUR UN BEC PERCÉ DE TROUS PLUS FINS, ESSAYÉ
AVEC LE GAZ D'HUILE, AU FOYER D'UNE GRANDE LENTILLE.

[16 janvier 1824.]

Bec donnant beaucoup de fumée. — Éclat un peu inférieur à celui
de l'expérience précédente 311

ESSAIS D'UN BEC À GAZ À CINQ COURONNES CONCENTRIQUES.

II (B)¹. EXPÉRIENCE SUR LE NOUVEAU BEC À CINQ COURONNES,
ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[15 mars 1824.]

Expérience non décisive, eu égard à la combustion incomplète des deux
couronnes extérieures. — L'éclat mesuré (2830 *becs*) a été un peu
supérieur à celui qu'avait donné le bec quadruple à huile. 312

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHES.

PAGES.

XXII (B)². EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS, SUR LE BEC À CINQ COURONNES, ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[30 avril 1824.]

Trous mal percés. — *L'amplitude de l'éclat*, entre les intensités de 50 becs, a été trouvée de 9 à 10 degrés. — Une expérience sur le bec quadruple à huile avait donné 5 degrés $\frac{1}{2}$, entre les intensités de 76,7 lampes de Carcel..... 313

Produits comparés de la distillation de l'*huile de poisson* et des *huiles de rebut*..... 315

XXII (B)³. EXPÉRIENCE FAITE, À L'HÔPITAL SAINT-LOUIS, SUR LE BEC À GAZ À CINQ COURONNES, PLACÉ AU FOYER D'UNE GRANDE LENTILLE ET ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[4 mai 1824.]

Bec amélioré : 45 pieds cubes de gaz dépensés par heure..... 315

Éclat dans l'axe : 2196 becs; — *amplitude* jusqu'à 70 becs : près de 10 degrés..... 316

XXII (B)⁴. EXPÉRIENCE AYANT LE MÊME OBJET QUE LA PRÉCÉDENTE.

[11 mai 1824.]

Deux expériences de gaz essayés. — *Éclat* dans l'axe, avec le *gaz d'huile ordinaire* : 1914 becs; — *amplitude* jusqu'à 13^a becs : 8° 36'.... 316

Consommation par heure : de 17 à 25 pieds cubes de gaz..... 317

Substitution d'une *cheminée coudée* au verre cylindrique : *éclat* de 3194 becs [?]...... 318

II (B)⁵. EXPÉRIENCE SUR LE BEC À GAZ À CINQ COURONNES

SURMONTÉ DE LA CHEMINÉE COUDÉE.

[14 mai 1824.]

<i>Éclat</i> dans l'axe de la lentille : 2689,5 carcels; — <i>amplitude</i> jusqu'à 71 becs : 8° 36'.....	319
Observations sur la conduite des flammes. — <i>Consommation</i> : environ 26 pieds cubes de gaz par heure.....	320

II (B)⁶. EXPÉRIENCE SUR LE BEC À CINQ COURONNES

ALIMENTÉ PAR LE GAZ D'HUILE.

[19 mai 1824.]

<i>Bec à gaz</i> ; — valeur moyenne déduite de trois observations : 27,44 becs de lampe de Carcel.....	321
<i>Consommation</i> : environ 27 pieds cubes de gaz par heure.....	322

II (C). EXPÉRIENCE SUR LE GAZ PROVENANT DE LA DISTILLATION

DE LA RÉSINE ET DE L'HUILE DE GOUDRON MÊLÉE DE RÉSINE.

[4 août 1824.]

<i>Éclat</i> de la lentille illuminée par le bec à cinq couronnes, alimenté par le gaz de résine, 2280 carcels; par le gaz d'huile, 2589 carcels..	323
Citations de Bérard et de Thenard sur la composition chimique des huiles.....	323

II (D). EXPÉRIENCE FAITE, À L'USINE ROYALE, SUR LA GRANDE LENTILLE,

ILLUMINÉE SUCCESSIVEMENT PAR LE GAZ ET PAR LE BEC À
QUATRE MÈCHES.

[16 août 1824.]

Intensités produites dans l'axe : par le gaz de résine, 1750 becs; par le gaz d'huile, 2271 becs; par la lampe à 4 mèches, 2443 becs..	325
---	-----

ESSAIS COMPARATIFS DE DIVERS GAZ.

XXII (E)¹. EXPÉRIENCE SUR DEUX GAZ PRODUITS PAR LA DISTILLATION,
L'UN DE L'HUILE DE COLZA, L'AUTRE D'UNE HUILE FACTICE.

[24 mars 1826.]

Produit en gaz par livre d'huile distillée : huile factice, 8 pieds cubes; huile de colza, 9 pieds cubes $\frac{1}{4}$	326
Même éclat produit par les deux gaz, et même consommation par heure	327
En définitive, l'huile factice de M. Bérard présente une économie de $\frac{1}{7}$, etc.	327

XXII (E)². EXPÉRIENCE SUR LA CONSOMMATION DU GAZ D'HUILE FACTICE
PAR DES BECS À QUATRE, À CINQ ET À DEUX FLAMMES.

[7 avril 1826.]

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. — Bec à 5 couronnes; — 40 pieds cubes consommés par heure; — <i>intensité</i> , 42,76 becs. — Il faudrait $\frac{1}{2}$ en sus d'huile factice pour un effet équivalent.	329
DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — Bec à 4 flammes; — 29 pieds cubes consommés par heure; — <i>intensité</i> , 29,11 becs. — Il faudrait environ $\frac{1}{2}$ en sus d'huile factice pour un effet équivalent.	329
TROISIÈME EXPÉRIENCE. — Bec à 2 flammes; — 7 pieds cubes $\frac{1}{4}$ consommés par heure; — <i>intensité</i> , 4,41 becs. — Il faudrait moins de la moitié en sus d'huile factice pour le même effet.	330

XXII (E)³. EXPÉRIENCE SUR LE GAZ PORTATIF.

[..... 1826.]

Il est résulté de cette expérience que, pour le même effet produit, la consommation en gaz portatif, dans le bec ordinaire, excède de $\frac{1}{2}$ au moins celle d'un bec de lampe de Carcel.	330
--	-----

I (E)⁴. EXPÉRIENCE SUR LE GAZ D'HUILE ANIMALE.

[21 décembre 1826.]

A égalité d'éclat de la *lampe de Carcel* et du *gros bec* alimenté par le gaz d'huile animale, la dépense a été trouvée à peu près la même. 331

ÉTUDES RELATIVES AU PROJET DE LA TOUR DU PHARE DE BELLE-ÎLE (α).

* (α) [Note sur la controverse qui eut lieu à ce sujet entre A. Fresnel et l'ingénieur en chef du Morbihan.]. 333

II (A). RAPPORT SUR LE PROJET PRÉSENTÉ PAR L'INGÉNIEUR EN CHEF DU MORBIHAN POUR LE PHARE DE BELLE-ÎLE.

[4 et 7 mai 1825.]

Chargé, conjointement avec M. Sganzin, d'étudier, pour la tour du phare à construire à Belle-Île, un système moins dispendieux que celui du projet présenté, A. Fresnel met sous les yeux de la Commission l'esquisse d'un nouveau projet. (Voyez pl. XV.) 333

Critique du projet de M. Luczot. — Soubassement trop considérable et qui cependant n'offre pas d'emplacement pour un *gazomètre*, pour le cas où l'*éclairage au gaz* viendrait à être adopté. — Ce soubassement n'est d'ailleurs nullement nécessaire pour assurer la *stabilité* de la tour. 334

Dispositions principales des deux nouvelles études du projet d'une tour de 53 mètres de hauteur, pour le cas d'une construction en briques, ou d'une construction en granit. 335

Considérations qui doivent rassurer sur la stabilité. 336

Exposé sommaire et discussion des dispositions intérieures des deux nouveaux projets 338

Étude pour la lanterne, estimée 11,000 francs. 341

Dût-elle coûter 15,000 francs, il y aurait, en somme, économie considérable relativement au projet de M. Luczot, dont l'évaluation s'élève à 348,000 francs. 341

XXIII	<i>Conclusions.</i> — Demander à cet ingénieur un nouveau projet, dressé	
(A).	d'après les bases qui viennent d'être indiquées.	342
	AVIS DE LA COMMISSION. — Adoption de l'avis du rapporteur, avec quelques observations sur les dispositions secondaires du projet. .	343

XXIII (B). NOUVEAU PROJET DU PHARE DE BELLE-ÎLE.

EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES du 9 septembre 1825.

.....	Communication d'une lettre de l'ingénieur en chef du Morbihan, qui déclare ne pouvoir se charger de la rédaction d'un nouveau projet d'après des bases qui, suivant lui, compromettraient la stabilité de la tour. — Réfutation des objections de M. Luczot (α). — Production d'un nouveau projet par A. Fresnel, de concert avec M. Tarbé. (Voyez pl. XVI.)	345
* (α)	[<i>Note de l'éditeur</i> , avec reproduction d'un calcul de l'auteur sur la <i>résistance de la tour à l'effort du vent</i> . — A. Fresnel arrive à cette conclusion que, dans les circonstances les plus défavorables, le moment de la résistance au renversement serait de quatre fois et demie plus grand que le moment de la force tendant à renverser la tour.]	345
	Adoption du nouveau projet par la Commission, pour être soumis au conseil général des ponts et chaussées.	346

DOCUMENTS RELATIFS À LA FABRICATION DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

XXIV¹. NOTE SUR LES RENSEIGNEMENTS À PRENDRE À LA MANUFACTURE DE GLACES DE SAINT-GOBAIN (α).

[Janvier 1822.]

* (α)	[<i>Note de l'éditeur</i> . — Lettre d'introduction auprès du directeur de cette manufacture pour le jeune frère d'A. Fresnel.]	347
----------------	--	-----

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

	PAGES.
1. Rappel des essais infructueux faits aux verreries de Choisy-le-Roi pour la fonte des verres destinés aux lentilles du phare de Cordouan. — Recours à la manufacture de Saint-Gobain, conseillé par M. Darcet.	347
Profil de l'anneau n° 6, donné comme spécimen de la forme des pièces de verre à mouler.	348

2. A. FRESNEL À M. TASSAERT, DIRECTEUR DE LA MANUFACTURE DE SAINT-GOBAIN.

[12 mars 1822.]

Fourniture de diverses séries d'anneaux de verre moulés nécessaires à M. Soleil. — Fixation du prix, etc.	349
--	-----

3. A. FRESNEL À M. TASSAERT.

[21 avril 1822.]

Même objet que celui de la lettre précédente.	350
--	-----

4. A. FRESNEL À M. TASSAERT.

[19 juillet 1822.]

Même objet. — Observations sur les <i>bulles</i> et <i>stries</i> de plusieurs morceaux de verre.	351
--	-----

5. A. FRESNEL À M. WAGNER, HORLOGER-MÉCANICIEN.

[28 novembre 1822.]

Construction des <i>lampes mécaniques à mèche double</i> , applicables aux grands réverbères.	352
Lampe mécanique à <i>mèche triple</i> à fournir à M. Maritz, entrepreneur du service des phares de Hollande.	353

XXIV⁶.

A. FRESNEL À M. WAGNER.

[29 novembre 1822.]

Construction de lampes mécaniques à 3 mèches concentriques. . . . 353

XXIV⁷.

A. FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE.

[12 juin 1824.]

Observations sur le mauvais collage des verres lenticulaires. — *Lut*
bien plus tenace, composé par le conducteur, M. Tabouret. 354

Procédé pour *roder avec précision le côté plan des anneaux de verre*. —
Double croquis du mécanisme à employer à cet effet. — Moyen
de régler le masticage de ces anneaux, etc. 355

Moyens de préserver le tain des glaces. 356

XXIV⁸.

A. FRESNEL À M. TASSAERT.

[26 juin 1825.]

Améliorations réclamées dans la fonte et le moulage des éléments
des lentilles. 357

XXIV⁹.

A. FRESNEL À M. BECQUEY.

[25 juillet 1825.]

Proposition d'appeler l'éminent artiste Gambey à concourir, avec
M. Soleil, à la fabrication des appareils lenticulaires des phares.
— Observations sur les mesures à prendre à cet effet (α). 358

* (α) [Les négociations entamées avec Gambey demeurèrent sans résultat.] 360

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

PAGES.	PAGES.
10.	RAPPORT AU DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES SUR LA NÉCESSITÉ DE CONSTRUIRE UN CINQUIÈME APPAREIL LENTICU- LAIRE DE PREMIER ORDRE (α).

[12 décembre 1825.]

* (α)	[<i>Note sur les difficultés résultant de l'insuffisance du budget des phares.</i>].	360
Rappel des décisions relatives aux phares de <i>Barfleur</i> , <i>Planier</i> et <i>Belle-Île</i> . — Proposition de construire un nouvel appareil à 16 demi-lentilles pour <i>Barfleur</i>		
		360
AVIS DE LA COMMISSION : — 1° placer le 3 ^e appareil à 16 demi-lentilles sur la tour de l'île <i>Planier</i> ; — 2° réserver pour <i>Belle-Île</i> l'appareil à 8 lentilles; — 3° commander pour <i>Barfleur</i> un cinquième appareil à 16 demi-lentilles.....		
		361

711. A. FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE.

[30 mai 1826.]

Commande d'un appareil de 3 ^e ordre à feu fixe pour le phare en construction à Granville.....		362
Description de la partie dioptrique; — elle comprendra 7 zones polygonales (à 20 côtés), formées d'éléments cylindriques (α).....		362
* (α)	[A défaut d'équipages mécaniques pour la taille des sept zones sous forme annulaire.].....	362
<i>Hauteurs et rayons de courbure</i> des zones.....		363
L'auteur se réserve de faire exécuter en régie les <i>glaces courbes</i> qui formeront la partie accessoire de l'appareil.....		363

712. A. FRESNEL À M. BONTEMPS, DIRECTEUR DES VERRERIES DE CHOISY-LE-ROI.

[4 août 1826.]

Verres inacceptables fournis pour les panneaux lenticulaires. — Les	92.
---	-----

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

PAGES.

XXIV ¹² .	anneaux pour le <i>petit fanal catadioptrique</i> vont être employés, vu l'urgence d'un essai (α).....	364
	* (α) [De là ressort une date précise relativement à l'exécution du premier appareil à <i>réflexion totale</i> .].....	364

XXIV¹³. A. FRESNEL À M. JECKER JEUNE, OPTICIEN.

[8 août 1826.]

	Fabrication des <i>glaces courbes</i> et des <i>appareils catadioptriques</i> de feux de port. — Proposition relative aux prix des <i>glaces courbes</i>	365
	M. Jecker pourra voir à l' <i>atelier des phares</i> (α) les équipages servant au <i>rodage des glaces courbes</i>	366
	Il pourra également prendre connaissance du <i>travail des petits fanaux catadioptriques</i> que M. Tabouret exécute en régie dans l'atelier de M. Touzet.....	366
	L' <i>épuration des feux de port</i> est terminée depuis vingt jours (β). — Les explications nécessaires seront données à M. Jecker.....	366
	* (α) [<i>Atelier en régie</i> , devenu, après plusieurs transformations, le <i>dépôt central des phares</i> .].....	366
	* (β) [Date à recueillir.].....	366

XXIV¹⁴. A. FRESNEL À M. JECKER JEUNE.

[19 août 1826.]

	Même objet que la lettre précédente. — Envoi du tableau des dimensions et des rayons de courbure des <i>miroirs</i> d'un <i>phare de 3^e ordre</i> . — L' <i>épuration de l'appareil catadioptrique de feux de port</i> et les patrons des <i>miroirs</i> sont à la disposition de M. Jecker. — La limite d'erreur est fixée à $\frac{1}{50}$ pour les rayons de courbure des <i>miroirs</i> (α).....	367
	* (α) [MM. Jecker renoncèrent définitivement à concourir à cette double fabrication.].....	368

V¹⁵. RAPPORT DE LA COMMISSION DES PHARES SUR LES MOYENS
D'ACCÉLÉRER ET DE PERFECTIONNER L'EXÉCUTION DES APPA-
REILS D'ÉCLAIRAGE.

[22 août 1826.]

La Commission, persuadée que la concurrence est le plus sûr moyen
d'atteindre ce but, et ne pouvant plus compter sur M. Gambey,
propose de charger MM. Jecker d'exécuter, comme premier essai :
1° un *appareil catadioptrique* de feu de port; — 2° les *glaces courbes*
d'un appareil de 3^e ordre. (Voyez les deux lettres précédentes.) . . . 369

V¹⁶. A. FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE.

[31 août 1826.]

Rodage des glaces courbes. — Résultats satisfaisants quant aux *rayons*
de courbure. — Défaut de *parallélisme des deux surfaces*; — son im-
portance, surtout dans le sens de la longueur. — Précautions à
prendre pour le collage; — choix du mastic, etc. 370

V¹⁷. A. FRESNEL À M. JECKER.

[7 septembre 1826.]

Rodage des glaces courbes et des verres des fanaux catadioptriques. —
Invitation à se mettre tout de suite à l'œuvre. — Fresnel engage
M. Jecker à adopter pour ce dernier travail le procédé suivi par
M. Tabouret à l'*atelier des phares*. 372

V¹⁸. A. FRESNEL À M. BECQUEY.

[7 septembre 1826.]

Exécution en régie des glaces courbes. — Envoi du mémoire du serrurier
qui a exécuté l'armature servant à cette fabrication. — Les résultats

obtenus donnent les bases nécessaires pour établir les prix à allouer aux opticiens; — à leur défaut, l'Administration pourra continuer le travail en régie. 37¹

XXIV¹⁹.

A. FRESNEL À M. JECKER.

[9 septembre 1826.]

Inexactitude de la courbure des glaces rodées par M. Jecker. — Question au sujet du prix du modèle de l'armature des fanaux de port. — Urgence de la fabrication des cadres des glaces. 37³

XXIV²⁰. A. FRESNEL À M. ROAD, FABRICANT DE CÉRUSE À CLICHY.

[17 décembre 1826.]

Proposition faite à M. Road de céder ou louer à l'Administration des ponts et chaussées une *petite fraction de la force de sa machine à vapeur*, pour mettre en jeu les équipages mécaniques servant au rodage des pièces optiques des appareils d'éclairage des phares, notamment d'une grande quantité de glaces courbes (β). — Indications sur l'espace à occuper. 37⁵

* (β) [*Note de l'éditeur* sur les circonstances qui peuvent expliquer comment A. Fresnel ne renonce pas dès lors à l'emploi des *glaces courbes étamées*, pour leur substituer les *anneaux de verre à réflexion totale*.] 37⁵

XXIV²¹.

§ I. — EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA COMMISSION DES PHARES.

du 29 décembre 1826.

En conséquence du peu de succès des essais de MM. Jecker, la Commission, adoptant l'avis de son secrétaire, propose au directeur général de poursuivre la *fabrication en régie des glaces courbes et des appareils catadioptriques* de feux de port, sous la surveillance de MM. Boulard et Tabouret, conducteurs des ponts et chaussées . . . 377

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

émos
et
RAPRES.

PAGES.

V²¹. § II. — RAPPORT [2^e] DE LA COMMISSION DES PHARES SUR LES MOYENS DE
HÂTER LA FABRICATION DES FEUX DE PORT ET DES GLACES COURBES DES
APPAREILS LENTICULAIRES.

Développement des motifs de l'avis ci-dessus. — La Commission con-
clut en proposant de continuer le travail en régie pendant toute
l'année 1827..... 378

IV²². A. FRESNEL À M. ROARD.

[30 décembre 1826.]

Par suite du désistement de M. Gambey et de l'impossibilité où se
trouve A. Fresnel, en raison de l'état de sa santé, de surveiller les
travaux en régie qui s'exécuteraient à Clichy, la *demande de cession*
d'une fraction de la force de la machine à vapeur de M. Roard doit être
considérée comme non avenue. (Voyez N^o XXIV²⁰, p. 375.)..... 380

IV²³. A. FRESNEL À M. JECKER.

[16 janvier 1827.]

Fixation du prix des moules en fonte travaillés au tour pour diminuer la
main-d'œuvre de la taille des verres..... 381

IV²⁴. A. FRESNEL À M. BONTEMPS.

[12 avril 1827.]

Observation sur la *teinte verte* de l'échantillon de verre envoyé de
Choisy pour les *lanaux catadioptriques*..... 382

ŒUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHERS.

PAGES.

XXIV²⁵.

A. FRESNEL à M. BECQUEY.

[12 avril 1827.]

Organisation de l'atelier en régie pour l'exécution des *glaces courbes* et
des *fanoux catadioptriques* (α) 383

* (α) [Note de l'éditeur sur cet atelier d'essai dont l'organisation occupa les
derniers jours d'A. Fresnel.] 383

EXTRAITS DE LA CORRESPONDANCE D'AUGUSTIN FRESNEL

RELATIVE AUX PHARES.

[Du 2 juillet 1819 au 28 mai 1827.]

XXV¹ } [Voir pour ces 36 lettres la table sommaire du tome III, où le { 385
à } contenu de chacune d'elles est indiqué] { à
XXV³⁶ } 443

* NOTE DE L'ÉDITEUR SUR le classement des pièces composant les deux
derniers numéros des *Œuvres d'Augustin Fresnel* 445

ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

XXVI (A). A. FRESNEL à M. MOLINOS, ARCHITECTE DE LA PRÉFECTURE.

[6 février 1822.]

A. Fresnel persiste dans l'opinion qu'un *seul réflecteur*, placé en avant
du cadre, est préférable à deux réflecteurs latéraux. — Le point de
suspension serait à 7 pieds de distance du cadran. — L'allumage
se ferait sur le perron, etc. 447

XXVI (B). NOTE SUR L'ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE
DE PARIS (α).

* (α) [Observation préliminaire de l'éditeur sur cette Note, rédigée à la de-
mande de la légation du grand-duché de Toscane. — Renvoi à l'appen-
dice XXVI (C).] 449

TABLE ANALYTIQUE DU TOME III.

énos et APIES.		PAGES.
VI(B).	Diverses combinaisons applicables à l'éclairage des cadrans; celui de l'hôtel de ville de Paris, étant opaque, ne comportait que l'éclairage extérieur.	449
	Dispositions adoptées pour le réflecteur qui l'éclaire.	450
	La courbe génératrice de ce paraboloïde a été déterminée d'après la condition d'une égale distribution de la lumière projetée sur le cadran. — Mode suivi pour simplifier le problème, tout en arrivant à un résultat suffisamment approximatif.	450
	Disposition de la lanterne et de son armature. — Service de l'éclairage.	452
	Dimensions à donner au réverbère du cadran à éclairer en Toscane, pour une surface quadruple de celle du cadran parisien.	454

VI(C). * APPENDICE DE L'ÉDITEUR À LA NOTE D'AUGUSTIN FRESNEL SUR L'ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

	Reproduction (en demi-grandeur) de l'épure au crayon faite par A. Fresnel pour le tracé de la courbe génératrice du réflecteur, d'après la condition d'égale distribution de la lumière sur le cadran. (Voyez pl. XVII.)	455
	Théorèmes sur lesquels repose le tracé, et développements sur la marche à suivre.	455
	[En note : formule relative à cette construction.]	456

CORRESPONDANCE ET NOTES RELATIVES AU SYSTÈME DE LOCATELLI POUR L'ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES.

VII¹. * LE VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD, CHARGÉ DU DÉPARTEMENT DES BEAUX-ARTS, À A. FRESNEL, MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

[19 janvier 1827.]

Imperfection de l'éclairage de nos théâtres. — Examen à faire du

OEUVRES D'AUGUSTIN FRESNEL.

NUMÉROS
et
PARAGRAPHS.

PAGES.

XXVII ¹ .	système de l'ingénieur Locatelli. — A. Fresnel invité à faire partie de la Commission nommée à cet effet.	457
----------------------	---	-----

XXVII ² .	A. FRESNEL AU COMTE TURPIN DE CRISSÉ, INSPECTEUR GÉNÉRAL AU DÉPARTEMENT DES BEAUX-ARTS.
----------------------	--

[5 février 1827.]

Programme des expériences à faire au Théâtre-Italien. — Réflecteur à construire pour produire un effet équivalent à celui de l' <i>astro-lampe</i> de Locatelli, etc.	458
---	-----

XXVII ³ .	* LE COMTE TURPIN DE CRISSÉ À A. FRESNEL.
----------------------	---

[8 février 1827.]

Réponse à la lettre précédente. — Il conviendrait que Locatelli dirigeât l'exécution des appareils d'essai, que fournirait l'opticien Pixii.	460
--	-----

XXVII ⁴ .	A. FRESNEL AU COMTE TURPIN DE CRISSÉ.
----------------------	---------------------------------------

[10 février 1827.]

Réponse à la lettre précédente. — L'intervention de l'ingénieur Locatelli ne serait nullement nécessaire pour l'exécution d'un réflecteur, à calculer de manière à projeter sur chaque partie de la salle des Italiens une lumière équivalente à celle de l' <i>astro-lampe</i> . — Au surplus, Fresnel, surchargé d'occupations, ne pourrait que se féliciter de n'avoir pas à diriger les expériences dont il s'agit, etc.	461
--	-----

XXVII ⁵ .	NOTE SUR LE SYSTÈME LOCATELLI
----------------------	-------------------------------

POUR L'ÉCLAIRAGE DES SALLES DE SPECTACLE.

[Adressée au vicomte Sosthène de La Rochefoucauld le.... mars 1827.]

Si l'appareil Locatelli emploie 100 lampes, il sera moins économique

XXVII⁸. DEUXIÈME EXPÉRIENCE, POUR ESSAYER LES NOUVELLES MÈCHES
DE LOCATELLI.

[8 mai 1827.]

Il est résulté de cette expérience que les nouvelles mèches de Locatelli ne valent pas encore celles des quinquets ordinaires. — La lumière de sa lampe, après 6 heures de combustion, se trouvait réduite au cinquième de son intensité primitive. 468

XXVII⁹. TROISIÈME EXPÉRIENCE.

[11 mai 1827.]

Résultat beaucoup meilleur. — Intensité de la lumière restée à peu près constante pendant 8 heures. — L'essai toutefois n'a pas été concluant pour l'application aux salles de spectacle, attendu que le réservoir débitait l'huile en surabondance (α). 469

* (α) [*Dernière expérience* d'A. Fresnel. — Il mourut le 14 juillet suivant.]. 471

Lettre d'envoi [du 12 mai 1827] à M. le comte Turpin de Crissé. . . 471

XXVII¹⁰. * LE VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD À A. FRESNEL.

[14 juin 1827.]

Adoption, d'après l'avis de la Commission, des nouveaux réflecteurs de Locatelli. 471

Ses lampes, garnies de mèches de son invention, également adoptées. . . 472

La question de l'*astro-lampe* restée indécise. — Autorisation d'en faire l'essai donnée à un capitaliste. 472

APPENDICE.

* *Éloge historique d'Augustin Fresnel*, par François Arago. 475

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME ⁽¹⁾.

	PAGES.
INTRODUCTION À LA SECTION DES PHARES.	I

PHARES ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

PROJET D'EXPÉRIENCES SUR l'éclairage des phares. [. . . août 1819]	5
RÉFLECTEUR À DOUBLE EFFET, COMPARÉ AUX MIROIRS PARABOLIQUES ORDINAIRES.	
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SGANZIN, rapporteur de la Commission des phares. [29 août 1819]	15
NOTE sur la comparaison du réflecteur parabolique ordinaire avec le réflecteur à double effet de M. Bordier-Marcel. [29 août 1819]	17
* LETTRE DE M. SGANZIN À AUGUSTIN FRESNEL. [6 septembre 1819]	22
* Du même au même. [23 octobre 1819]	24
EXPÉRIENCES SUR LES LAMPES À MÈCHES CONCENTRIQUES.	
NOTE sur les expériences faites à l'Observatoire par MM. Arago et Fresnel. [8 décembre 1819]	27
EXPÉRIENCES sur la lumière des becs simples et multiples. [27 sept. 1819]	29
MÉMOIRE, NOTES ET CALCULS RELATIFS AUX PHARES CATOPTRIQUES.	
MÉMOIRE sur l'éclairage des phares. (Fragment). [. . . avril 1820]	31

écrits d'auteurs étrangers sont distingués par un astérisque *.

TABLE DES MATIÈRES.

NUMÉROS.		PAGES.
IV (A).	Appendice. — Calcul du degré de profondeur à donner à un réflecteur parabolique. [19 avril 1820]	39
— (B).	NOTE sur la comparaison des petits et des grands réflecteurs.	57
— (C).	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL à M. SGANZIN. [11 avril 1820]	60
— (D).	NOTE adressée à M. Gambey, pour la construction d'un réflecteur parabolique. [19 avril 1820]	62
V.	SECOND MÉMOIRE sur l'éclairage des phares. (Fragment.) . . . [. . . 1820]	65
VI.	PROJET d'un phare à feux tournants dans lequel les réflecteurs seraient remplacés par des lentilles. [31 octobre 1820]	73
	NOTE I. — Estimation approximative de la dépense annuelle que nécessiteraient l'éclairage et l'entretien du système lenticulaire.	87
	NOTE II. — Application des verres convexes à un phare à feu fixe.	88
VII.	PROCÈS-VERBAL des observations faites à Châtenay sur un phare lenticulaire à feux tournants (le 7 septembre 1821) . . . [12 septembre 1821]	91
VIII.	NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES.	
— (A).	MÉMOIRE sur un nouveau système d'éclairage des phares. [29 juillet 1822]	97
— (B).	NOTE sur les becs de lampe à mèches concentriques. [. . . avril 1821]	127
— (C).	EXPLICATION DES PLANCHES.	133
— (D).	PROCÈS-VERBAL de l'expérience faite par la Commission des phares sur l'appareil à feux tournants destiné à l'éclairage du phare de Cordouan. [20 août 1822]	137
IX.	EXTRAIT du Mémoire sur un nouveau système d'éclairage des phares. [. . . août 1822]	139
X.	APPENDICE AU MÉMOIRE SUR UN NOUVEAU SYSTÈME DE PHARES.	
— (A).	NOTE sur l'appareil à feux tournants d'Augustin Fresnel (adressée au major Colby). [. . . mars 1823]	147
— (B).	NOTE sur le prix des appareils lenticulaires (adressée au major Colby). [19 mars 1823]	151
— (C).	RÉPONSE aux questions du baron de Fagel, ministre plénipotentiaire des Pays-Bas. [3 mai et 1 ^{er} septembre 1824]	153
— (D).	NOTES sur le calcul des lentilles échelonnées. [. . . mai 1824]	160
XI.	RENOUVELLEMENT DE L'APPAREIL D'ÉCLAIRAGE DU PHARE DE CORDOUAN.	
— (A).	RAPPORT au directeur général des ponts et chaussées sur l'installation d'un appareil lenticulaire dans la lanterne de Cordouan. [12 septembre 1823]	167
— (B).	* OBSERVATIONS des pilotes, etc. sur le nouveau feu [27 août 1823]	173

TABLE DES MATIÈRES.

	PAGES.
NOTE sur la visite du phare de Cordouan par M. Robert Stevenson..... [... septembre 1824]	177
DESCRIPTION ET ESSAI D'UN APPAREIL TOURNANT À SEIZE DEMI-LENTILLES.	
NOTICE sur l'appareil dioptrique dit <i>lenticulaire</i> , imaginé par Augustin Fresnel pour servir à l'éclairage des phares... [... septembre 1823]	181
PROJET DE PROGRAMME pour l'expérience du jeudi 9 octobre 1823.....	184
* EXPÉRIENCE comparative faite à Montmélian, à 17,400 toises de l'arc de triomphe de l'Étoile, par MM. Halgan, de Rossel, Sganzin et Mathieu..... [9 octobre 1823]	186
ÉTUDES ET EXPÉRIENCES RELATIVES AUX MACHINES DE ROTATION À VOLANT-PENDULE APPLICABLES AUX PHARES À ÉCLIPSES.	
A). EXTRAIT D'UN RAPPORT sur le système d'éclairage à adopter pour le phare du Four, situé dans l'embouchure de la Loire..... [14 janvier 1821]	189
B). CALCUL sur le pendule réglé par la force centrifuge. (Fragment.)..... [... avril 1822]	193
C). EXPÉRIENCES sur une machine de rotation à volant-pendule [11-12 fév. 1825]	195
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL à M. MARITZ FILS, sur l'application du système lenticulaire aux phares de Hollande..... [21 juillet 1824]	199
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL à M. ROBERT STEVENSON, sur les phares lenticulaires..... [25 avril 1825]	205
APPAREIL DIOPTRIQUE DE TROISIÈME ORDRE À FEU FIXE, PROVISOIREMENT INSTALLÉ À DUNKERQUE.	
A). NOTE sur un petit appareil dioptrique à feu fixe, de 0 ^m ,50 de diamètre..... [3 mai 1824]	209
B). LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL à M. BECQUEY, relative à l'installation du phare provisoire de Dunkerque..... [3 octobre 1824]	213
C). Du même au même. — Avis de cette installation... [4 novembre 1824]	215
D). NOTE sur les phares (spécialement relative au phare provisoire de Dunkerque)..... [..... 1825]	216
APPAREILS DIOPTRIQUES DE PREMIER ORDRE À FEU FIXE AVEC SYSTÈME ACCESSOIRE CATOPTRIQUE.	
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL à M. SOLEIL PÈRE, relative à la construction d'un appareil dioptrique à feu fixe, avec zones accessoires de miroirs concaves..... [14 mai 1825]	219

TABLE DES MATIÈRES.

NUMÉROS.

PAGES.

XVIII. APPAREILS À FEU FIXE VARIÉ PAR DES ÉCLATS.

- (A). EXPÉRIENCES SUR UN APPAREIL DIOPTRIQUE à feu fixe varié par des éclats. [8-18 mai 1825] 223
- (B). EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL de la séance de la Commission des phares du 20 mai 1825. 229

XIX. CARACTÈRES DISTINCTIFS DES PHARES.

- (A). RAPPORT sur les caractères distinctifs des divers appareils d'éclairage qu'on propose d'employer sur les côtes de France. [22 avril 1825] 231
- (B). EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL de la séance de la Commission des phares du 22 avril 1825. 238

XX. SYSTÈME GÉNÉRAL PROPOSÉ PAR LA COMMISSION DES PHARES POUR L'ÉCLAIRAGE DES CÔTES DE FRANCE.

- (A). * RAPPORT fait, au nom de la Commission, par le contre-amiral de Rossel. [9 septembre 1825] 241
- (B). * AVIS DE LA COMMISSION. [9 septembre 1825] 285
- (C). * TABLEAU de la distribution des feux sur les côtes de France. 286
- (D). * CIRCULAIRE du directeur général des ponts et chaussées aux préfets des départements maritimes. [2 juin 1826] 290

XXI. FANAUx CATADIOPTRIQUES À RÉFLEXION TOTALE.

- (A). * NOTICE DE L'ÉDITEUR sur les appareils catadioptriques d'Augustin Fresnel. [12 juin 1868] 293
- (B). DÉTAIL ESTIMATIF d'un réverbère catadioptrique de 0^m,20 de diamètre. [27 janvier 1826] 302
- (C). EXPÉRIENCES PHOTOMÉTRIQUES sur les fanaux catoptriques destinés à l'éclairage du canal Saint-Martin. 304
- (C)¹. PREMIÈRE EXPÉRIENCE. [23 décembre 1826] 304
- (C)². SECONDE EXPÉRIENCE. [21 janvier 1827] 305
- (C)³. NOTE relative à un essai sur les quais du canal Saint-Martin. [...juin 1827] 307

XXII. ESSAIS SUR L'APPLICATION DU GAZ À L'ILLUMINATION DES APPAREILS LENTICULAIRES.

- (A). EXPÉRIENCES SUR UN BEC à gaz à trois couronnes. 309
- (A)¹. PREMIÈRE EXPÉRIENCE. [19 juin 1823] 309
- (A)². SECONDE EXPÉRIENCE. [16 janvier 1824] 311
- (B). EXPÉRIENCES SUR UN BEC à cinq couronnes alimenté par le gaz d'huile. 312

TABLE DES MATIÈRES.

745

	PAGES
B) ¹ . PREMIÈRE EXPÉRIENCE..... [15 mars 1824]	312
B) ² . DEUXIÈME EXPÉRIENCE..... [30 avril 1824]	313
B) ³ . TROISIÈME EXPÉRIENCE..... [4 mai 1824]	315
B) ⁴ . QUATRIÈME EXPÉRIENCE..... [11 mai 1824]	316
B) ⁵ . CINQUIÈME EXPÉRIENCE, avec la cheminée coudée..... [14 mai 1824]	319
B) ⁶ . SIXIÈME EXPÉRIENCE, avec la même cheminée..... [19 mai 1824]	321
C). EXPÉRIENCES SUR le gaz de résine..... [4 août 1824]	323
D). EXPÉRIENCES comparatives sur le bec à gaz et sur le bec à quatre mèches..... [16 août 1824]	325
(E). ESSAIS COMPARATIFS DE DIVERS GAZ.	
E) ¹ . EXPÉRIENCE SUR le gaz d'huile factice, comparé au gaz d'huile de colza..... [24 mars 1826]	326
E) ² . CONSOMMATION du gaz d'huile factice avec des becs à cinq, à quatre et à deux flammes..... [7 avril 1826]	328
E) ³ . EXPÉRIENCE SUR le gaz portatif..... [.... 1826]	330
E) ⁴ . EXPÉRIENCE SUR le gaz d'huile animale..... [21 décembre 1826]	331

ÉTUDES RELATIVES AU PROJET DE L'ÉDIFICE DU PHARE DE BELLE-ÎLE.

(A). RAPPORT SUR le projet du phare de Belle-Île..... [4 mars 1825]	333
(B). EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL de la séance de la Commission des phares du 9 septembre 1825.....	345
NOTE sur la résistance de la tour à l'effort du vent..... [1825]	345

DOCUMENTS RELATIFS À LA FABRICATION DES PHARES LENTICULAIRES.

¹ . NOTE sur les renseignements à prendre à la manufacture de glaces de Saint-Gobain..... [... janvier 1822]	347
² . LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT, directeur de la manufacture de Saint-Gobain. — Fourniture de verres moulés pour les lentilles poly- zonales..... [12 mars 1822]	349
³ . Du même au même. — Fourniture de verres moulés... [21 avril 1822]	350
⁴ . Du même au même — Fourniture de verres moulés... [19 juillet 1822]	351
⁵ . LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. WAGNER. — Construction de lampes mé- caniques à deux et à trois mèches concentriques, pour illuminer de grands réflecteurs paraboliques tournants..... [28 novembre 1822]	352
⁶ . Du même au même. — Même objet..... [29 novembre 1822]	353
⁷ . LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE. — Fabrication des lentilles	

TABLE DES MATIÈRES.

NUMÉROS.		PAGES.
XXIV ⁷ .	polyzonales. — Moyen d'obtenir dans leur exécution le degré de précision exigible	[12 juin 1824] 354
— 8.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. TASSAERT. — Moulage des éléments des lentilles	[26 juin 1825] 357
— 9.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Location à M. Gambey, pour la fabrication des phares lenticulaires, d'un atelier dans les bâtiments de la réserve des grains	[25 juillet 1825] 358
— 10.	RAPPORT AU DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSEES, sur la nécessité d'entreprendre la construction d'un cinquième appareil lenticulaire de premier ordre	[12 décembre 1825] 360
— 11.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE. — Construction d'un appareil dioptrique de troisième ordre à feu fixe pour le phare de Granville	[30 mai 1826] 364
— 12.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BONTEMPS, directeur des verreries de Choisy-le-Roi. — Observations sur ses fournitures de verre. — L'urgence oblige d'accepter les anneaux destinés aux fanaux catadioptriques du canal Saint-Martin	[4 août 1826] 364
— 13.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER JEUNE, opticien. — Fabrication des glaces courbes. — Limite à stipuler provisoirement quant à leur prix. — Fabrication d'appareils catadioptriques dits <i>feux de port</i> . [8 août 1826]	365
— 14.	Du même au même. — Fabrication d'un appareil catadioptrique (de 0 ^m ,30 de diamètre) et de glaces courbes pour un phare de troisième ordre	[19 août 1826] 367
— 15.	RAPPORT DE LA COMMISSION DES PHARES sur les moyens d'accélérer et de perfectionner la fabrication des appareils d'éclairage.	[22 août 1826] 369
— 16.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SOLEIL PÈRE. — Observations et instructions relatives au rodage des glaces courbes.	[31 août 1826] 370
— 17.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER. (<i>Sommaire</i>). — Rodage des glaces courbes et des anneaux catadioptriques.	[7 septembre 1826] 372
— 18.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Paiement de l'armature qui a servi aux premiers essais faits en régie du rodage des glaces courbes	[7 septembre 1826] 372
— 19.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER. — Inexactitude dans la courbure de ses glaces. — Fabrication des armatures de fanaux catadioptriques.	[9 décembre 1826] 373
— 20.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROARD, fabricant de céruse à Clichy. — Proposition relative à la location temporaire d'une fraction de la force de sa machine à vapeur, pour servir de moteur à un équipage à roder les glaces courbes	[17 décembre 1826] 375

TABLE DES MATIÈRES.

PAGES.

I. EXTRAIT du procès-verbal de la séance de la Commission des phares du 29 décembre...	
II. SECOND RAPPORT de la Commission sur les moyens de hâter la fabrication des appareils catadioptriques de feux de port, ainsi que des glaces courbes des phares lenticulaires, et de recueillir les données nécessaires pour en évaluer les prix.....	[29 décembre 1826] ... 377
23. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROARD. — Considérations qui déterminent Augustin Fresnel à retirer sa proposition du 17 décembre courant.....	[30 décembre 1826] 380
24. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. JECKER. — Moulage du verre pour les anneaux catadioptriques. — Prix des glaces courbes. [16 janvier 1827]	381
24. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BONTEMPS. — Beauté de son échantillon de verre de soude, dont le seul défaut est sa teinte verdâtre. — Essais à tenter pour obtenir du verre moins coloré.....	[12 avril 1827] 382
25. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Organisation de l'atelier en régie pour la fabrication des glaces courbes et des appareils catadioptriques.....	[12 avril 1827] 383
EXTRAITS DE LA CORRESPONDANCE D'AUGUSTIN FRESNEL RELATIVE AUX PHARES. *	
1. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE LÉONOR. — Adjonction temporaire d'Augustin Fresnel à la Commission des phares. — Sa nomination à la chaire de physique de l'Athénée.....	[2 juillet 1819] 385
2. Du même au même. — Effets d'une lentille [à zones polygonales] illuminée par un bec à quatre mèches concentriques.....	[19 juin 1820] 387
3. Du même au même. — Effets de la grande lentille polygonale comparés à ceux des réflecteurs de Bordier-Marcet. — Perfectionnement essentiel qui pourra bientôt résulter de la substitution des zones <i>annulaires</i> au zones <i>polygonales</i>	[15 avril 1821] 388
4. * LETTRE DU CONTRE-AMIRAL DE ROSSEL À AUGUSTIN FRESNEL. — Phare lenticulaire à essayer en présence du directeur général des ponts et chaussées.....	[24 juillet 1821] 390
5. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE LÉONOR. — Essai de l'appareil lenticulaire destiné à remplacer l'appareil catoptrique de la tour de Cordouan. — (Rapport à faire par Arago sur le Mémoire relatif aux lois de la double réfraction.).....	[23 juillet 1822] 391
6. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ PÈRE, entrepreneur de l'éclairage des côtes de Hollande. — Expériences comparatives sur l'emploi des	

TABLE DES MATIÈRES.

NUMÉROS.		PAGES.
XXV ⁶ .	huiles de baleine et de colza. — Réflecteur additionnel pour les phares qui ne doivent pas éclairer tout leur horizon. [31 janvier 1823]	392
— 7.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ PÈRE. — Application du gaz d'huile à l'éclairage des phares. — Petit appareil additionnel à feu fixe du phare lenticulaire tournant de Cordouan. [22 juin 1823]	395
— 8.	Du même au même. — Installation de l'appareil tournant de Cordouan. — Ses effets. — Substitution (peut-être prochaine) du gaz à l'huile. [5 août 1823]	397
— 9.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ FILS. — Rectification de l'erreur commise relativement à la portée de l'appareil additionnel à feu fixe du phare de Cordouan. [12 septembre 1823]	399
— 10.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ PÈRE. — Réponse à diverses questions. — Sur les effets du nouvel appareil de Cordouan. — Sur sa disposition et son prix. — Sur les conditions du service de l'éclairage, etc. [9-11 novembre 1823]	400
— 11.	Du même au même. — Illumination d'une grande lentille par un bec à cinq couronnes concentriques alimenté de gaz d'huile. — Accroissement de moitié dans la durée des éclats. — Combinaisons optiques pour prolonger les éclats. — Petit appareil dioptrique à feu fixe du port de Dunkerque. [21-23 avril 1824]	404
— 12.	Du même au même. — Moyen d'obvier à la congélation de l'huile. — Nouvelle expérience sur le bec à gaz à cinq couronnes. — Son application à un appareil tournant à seize demi-lentilles offrirait la plus heureuse combinaison. [17 mai 1824]	406
— 13.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Remercements d'Augustin Fresnel pour sa nomination aux fonctions de secrétaire de la Commission des phares. [7 juin 1824]	408
— 14.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ FILS. — Explications au sujet de l'unité de lumière adoptée dans les expériences photométriques. — Question de la durée relative des éclats et des éclipses des phares tournants. — Avantages que présenterait l'appareil à seize demi-lentilles illuminé par le gaz d'huile. [4 juillet 1824]	409
— 15. *	LETTRE DE M. BECQUEY À AUGUSTIN FRESNEL. — Recommandation en faveur de M. Robert Stevenson, ingénieur des phares d'Écosse. [9 août 1824]	411
— 16.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL AU COMTE ALBAN DE VILLENEUVE, préfet de la Loire-Inférieure. — Remercements. — Observations relatives au phare du Pilier. [27 novembre 1824]	412
— 17.	LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STEVENSON. — Acquisition par cet ingénieur de deux grandes lentilles polygonales et d'une lampe mécanique à quatre mèches concentriques. [3 décembre 1824]	413

TABLE DES MATIÈRES.

LOS. V ¹³ .	PAGES.
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STEVENSON. — Service des lampes mécaniques à mèches multiples. [14 janvier 1825]	414
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MARITZ FILS. — Renseignements relatifs à l'exécution de l'appareil lenticulaire que M. Maritz se propose de commander. — Nouvelle machine de rotation à volant-pendule. — Petit appareil à feu fixe de Dunkerque. — Nouvelle combinaison pour les grands appareils à feu fixe, dans lesquels la partie accessoire, au lieu d'un système mixte de lentilles et de miroirs plans, ne présentera que des zones étagées de miroirs concaves. — Idée de faire flotter sur un bain de mercure les appareils tournants. [18-19 avril 1825]	418
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. ROBERT STEVENSON. — Méthode expérimentale pour apprécier comparativement les effets utiles et économiques des appareils dioptriques et catoptriques. [3 juin 1825]	421
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. GARELLA, ingénieur en chef des Bouches-du-Rhône. — Observations relatives au phare en construction à l'île Planier. — Légère inclinaison à donner aux glaces de la lanterne. [23 juin 1825]	424
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. LE MENGNONNET, maire de Granville. — Renseignements demandés sur l'écueil de Roche-Douvre. [26 juillet 1825]	425
Du même au même. — Nouvelle exploration projetée de l'écueil de Roche-Douvre. — Établissement d'un phare à Granville. . . [29 juillet 1825]	426
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Itinéraire proposé par Augustin Fresnel pour sa première inspection des phares. [10 septembre 1825]	427
* LETTRE DE M. BECQUEY À AUGUSTIN FRESNEL. — Réponse approbative. [17 septembre 1825]	429
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. VAISSIÈRE, ingénieur à Calais. — Amélioration provisoire du phare de Calais. [26 novembre 1825]	431
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. AUGUSTE DESFORGES, entrepreneur de l'éclairage des phares. — Observations sur le développement à donner à la flamme focale du phare lenticulaire de Cordouan. . . [25 février 1826]	432
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. SAINT-AUBIN, ingénieur à Bordeaux. — Même sujet. [26 février 1826]	434
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M ^{SR} DE QUÉLEN, archevêque de Paris. — Demande d'autorisation pour l'établissement d'une lanterne de phare sur le clocher de Montmartre. [15 juin 1826]	435
LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Itinéraire proposé pour compléter l'inspection des phares de France. [24 août 1826]	437
* LETTRE DE M. BECQUEY À AUGUSTIN FRESNEL. — Réponse approbative. [26 août 1826]	439

TABLE DES MATIÈRES.

NUMÉROS.
XXV³².

PAGES.

LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Envoi d'un aperçu des dépenses du service des phares pour 1827. — Observations sur l'urgence de leurs travaux et sur l'activité qu'il serait nécessaire d'imprimer à la fabrication des appareils d'éclairage.....	[17 octobre 1826]	439
— 37. * LETTRE DE M. BECQUEY À AUGUSTIN FRESNEL. — Avis de la décision qui lui donne pour adjoint au service des phares son frère Léonor, ingénieur des ponts et chaussées.....	[12 mars 1827]	441
— 34. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY. — Remercîments.	[14 mars 1827]	441
— 35. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. LESCURE DE BELLERIVE, ingénieur en chef à la Rochelle. — Amélioration provisoire du phare de Chassiron. — Projet d'un nouveau phare.....	[29 avril 1827]	442
— 36. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. A. DESFORGES. — Service du nouvel appareil du phare de Chassiron.....	[28 mai 1827]	443
* NOTE DE L'ÉDITEUR SUR le classement des documents compris sous les deux derniers numéros (XXVI et XXVII) du tome III des OEuvres d'Augustin Fresnel.....		445

XXVI. ÉCLAIRAGE DU CADRAN DE L'HÔTEL DE VILLE DE PARIS.

— (A). LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL À M. MOLINOS, architecte. — Dispositions proposées.....	[6 février 1822]	447
— (B). NOTE sur l'éclairage du cadran de l'hôtel de ville de Paris. [... février 1822]		449
— (C). * APPENDICE DE L'ÉDITEUR.....	[18 juillet 1868]	455

XXVII. CORRESPONDANCE ET NOTES RELATIVES AU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE DES THÉÂTRES PROPOSÉ PAR L'INGÉNIEUR LOCATELLI.

— 1. * LETTRE DU VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD, chargé du département des beaux-arts, à AUGUSTIN FRESNEL. — Invitation à faire partie d'une commission présidée par le comte Turpin de Crissé, et chargée de l'examen du système Locatelli.....	[19 janvier 1827]	457
— 2. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL AU COMTE TURPIN DE CRISSÉ, inspecteur général des beaux-arts. — Observations sur le programme de l'expérience à faire au Théâtre-Italien pour l'essai de l'astro-lampe de Locatelli.....	[5 février 1827]	458
— 3. * LETTRE DU COMTE TURPIN DE CRISSÉ À AUGUSTIN FRESNEL. — Nécessité d'une expérience, dont il conviendrait de confier les préparatifs à l'ingénieur Locatelli.....	[8 février 1827]	460
— 4. LETTRE D'AUGUSTIN FRESNEL AU COMTE TURPIN DE CRISSÉ. — Explications sur une expérience préparatoire qui aurait pu fixer promptement les idées de la Commission sur les effets de l'astro-lampe....	[10 février 1827]	461

TABLE DES MATIÈRES.

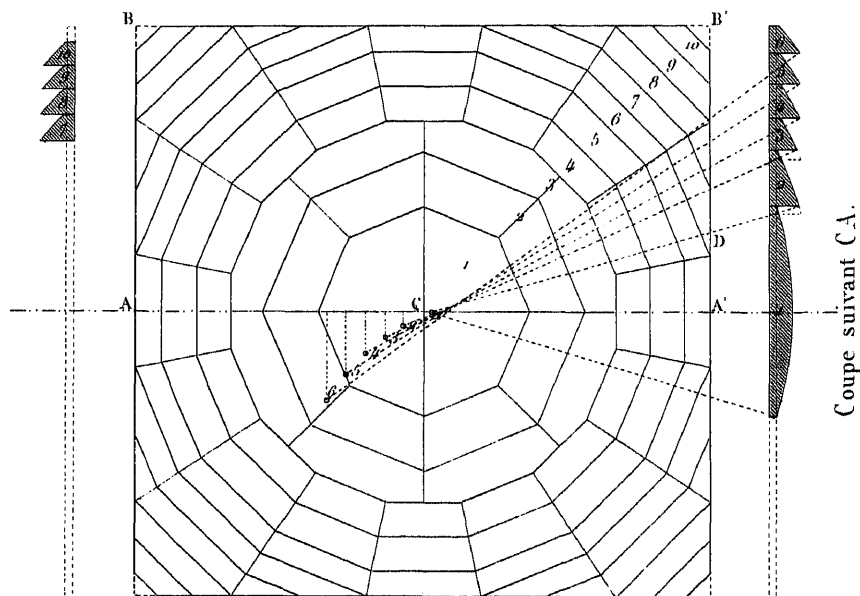
NUMÉROS.	PAGES.
VII ⁵ . NOTE sur le système Locatelli. — Objections auxquelles peut donner lieu l'idée d'éclairer une salle de spectacle par un grand foyer de lumière placé au centre du plafond..... [mars 1827]	462
— ⁶ . PROGRAMME des expériences nécessaires pour apprécier le système Locatelli..... [..... 1827]	464
— ⁷ . EXPÉRIENCE sur la lampe Locatelli..... [16 avril 1827]	466
— ⁸⁻⁹ . DEUXIÈME ET TROISIÈME EXPÉRIENCE des 8 et 11 mai 1827. — Lettre d'envoi, où les derniers résultats sont reconnus plus favorables à la lampe Locatelli, sans être toutefois décisifs..... [8 et 11 mai 1827]	468
— ¹⁰ . * LETTRE DU VICOMTE DE LA ROCHEFOUCAULD à A. FRESNEL. — Adoption des réfecteurs de Locatelli et de ses lampes à mèche plate. [14 juin 1827]	471
PENDICE. — Éloge historique d'Augustin Fresnel, par Arago.....	475
TABLES ANALYTIQUES.	
Table analytique du tome I.....	529
Table analytique du tome II.....	609
Table analytique du tome III.....	691

FIN DE LA TABLE.

PLAN ET PROFILS
D'UNE LENTILLE ÉCHELONNÉE
À ZONES POLYGONALES

de 0^m76 de côté et de 0^m92 de foyer.

Le profil des autres étant donné par la coupe suivant CA



(*) Les traits ponctués sont relatifs à la coupe suivant CD.

(Réduit d'après l'épure à l'échelle de $\frac{1}{10}$ présentée par A. Fresnel
à la Commission des Phares, dans sa séance du 31 8^{bre} 1820.)

Échelle de $\frac{1}{10}$